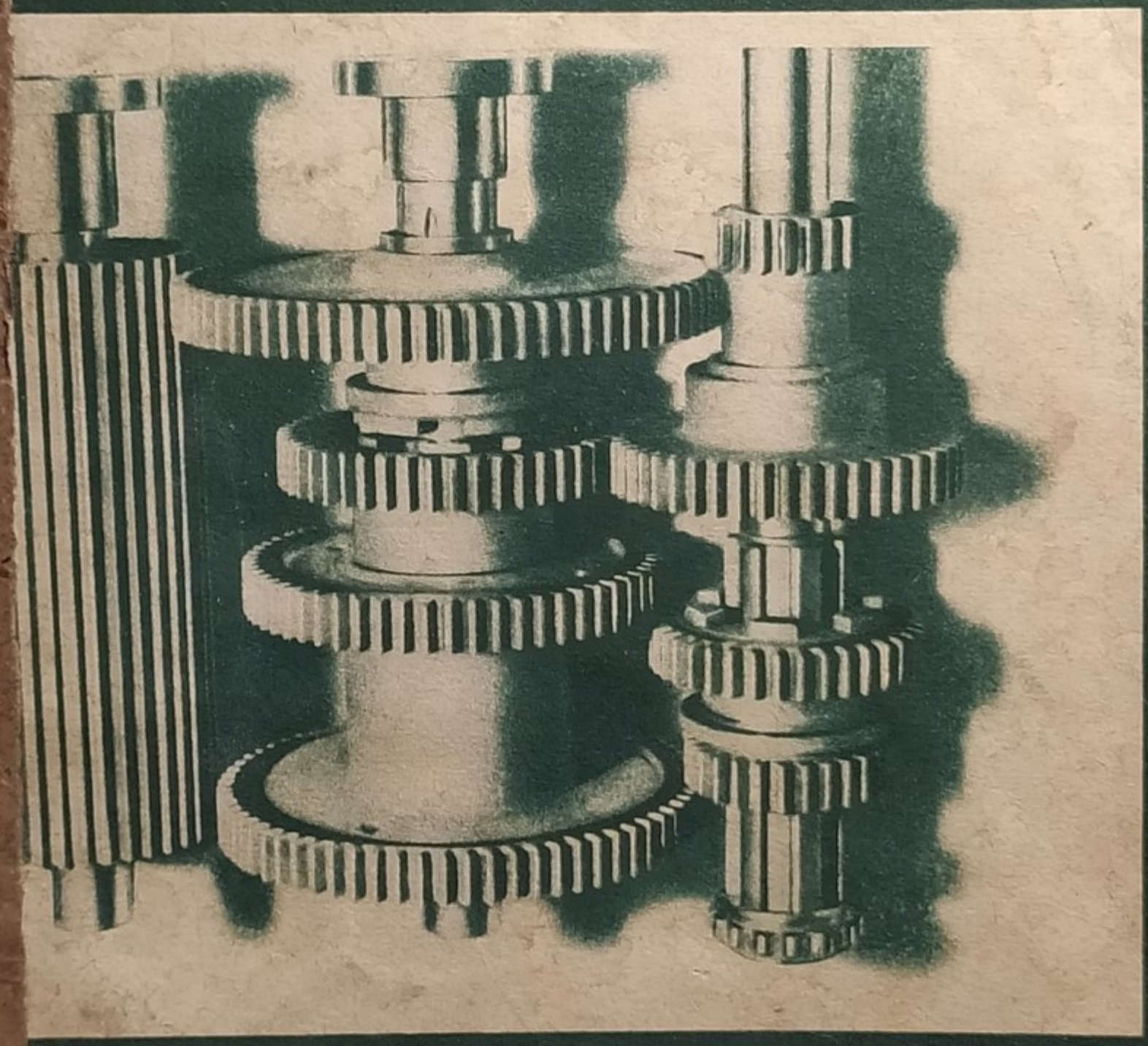
C. CERCONE DE LUCIA e T. MIRONE

ELEMENTI
DI
CNOLOGIA MECCANICA



ROMA - NAPOLI - CITTÀ DI CASTELLO
SOCIETÀ ANONIMA EDITRICE DANTE ALIGHIERI
(Albrighi, Segati & C.)

SOCIETA' ANONIMA EDITRICE DANTE ALIGHIERI
(Albrighi, Segati e C.) — Roma-Napoli-Città di Castello

Testi per l' Insegnamento Tecnico

CERCONE DE LUCIA C., **Elementi di Tecnologia Meccanica,** per le Scuole tecniche industriali :

Vol. I.

Vol. II.

CERCONE DE LUCIA C. e MIRONE T., **Tecnologia Meccanica,** a uso delle Scuole di Avviamento professionale. Edizione riveduta ed ampliata dall' ing. L. Piersanti.

MAYER R., **Corso di Disegno di Macchine,** per gli Istituti tecnici e le Scuole tecniche industriali :

Vol. I, con 787 figure, 37 tabelle e 15 tavole.

Vol. II, con 714 figure originali e 29 tavole.

POGGIALI E. e BATACCHI R., **Tecnologie Meccaniche,** a uso delle Scuole tecniche industriali, e delle Scuole secondarie di Avviamento professionale, per gli artigiani e gli operai.

VEROI G., **L' Abbiccì dell' Elettrotecnica.** Libro per gli operai, con 497 incisioni.

TECNOLOGIA MECCANICA

S.E.A.I.S.
SOCIETÀ EDITRICE ITALIANA SCIENTIFICA

Stampato in Italia - Printed in Italy

BAGNACAVALLO - STABILIMENTO COOP. OPERAI TIPOGRAFI

PREFAZIONE

PREFAZIONE

Nel rivedere la nuova edizione di quest'opera — che meritatamente tanto successo ha incontrato nelle scuole italiane — ho avuto cura di apportarvi quelle aggiunte che si rendevano indispensabili per mantenere il libro quanto più possibile aderente agli attuali programmi di insegnamento; ho riportato in carattere più piccolo le parti già esistenti, che non erano strettamente legate ai programmi.

Tra le aggiunte più importanti sono da segnalare: le tolleranze di lavorazione, i numeri normali, i calibri fissi, l'uso e controllo degli strumenti di misura, la tracciatura e le norme per l' esecuzione dei trattamenti termici; è stata notevolmente arricchita la parte riguardante la lavorazione a macchina.

Ovunque ho cercato di seguire le unificazioni esistenti per preparare l'allievo alla diretta consultazione delle tabelle UNI, e nel testo sono anche riportate, con l'autorizzazione dell'UNI, due tabelle sulle filettature; in fondo al libro ho creduto opportuno introdurre una sistematica raccolta di esercizi.

Augurandomi che i Colleghi possano mantenere a questa nuova edizione il favore già accordato alle precedenti e che mi siano larghi di consigli e di osservazioni, ringrazio gli Editori per l'incarico che hanno voluto affidarmi, le Ditte che mi hanno gentilmente fornito i cataloghi e particolarmente la Ditta Riva di Milano che mi ha concesso di riprodurre la bella illustrazione sulla copertina del libro.

L. P.

Roma, ottore 1949

PARTE PRIMA

TECNOLOGIA DEL LEGNO

Capitolo I.

NOZIONI SUI LEGNAMI.

§ 1. · Struttura del legno.

Il legno è quella sostanza che costituisce il tronco ed i rami di un albero.

Esso è un tessuto, più o meno compatto, di *cellule vegetali* bagnate dalla *linfa* e da altri *succhi* che alimentano la vita della pianta e ne producono lo sviluppo.

Per renderci conto della conformazione *(struttura)* d'un tronco d'albero giunto a maturità, dobbiamo tagliarlo secondo due piani, uno *perpendicolare all'asse* e l'altro *passante per l'asse* del tronco. Il primo taglio produce nel tronco la *sezione trasversale* (fig. 1); il secondo la *sezione longitudinale* (fig. 2).

La *sezione trasversale* è formata da un insieme di *anelli* irregolari, che diventano sempre più consistenti man mano che si avvicinano alla parte centrale, fino a ridursi ad una specie di nocciuolo, *midollo (M)*. Nei paesi temperati e freddi lo sviluppo di un anello richiede un

Fig. 1.

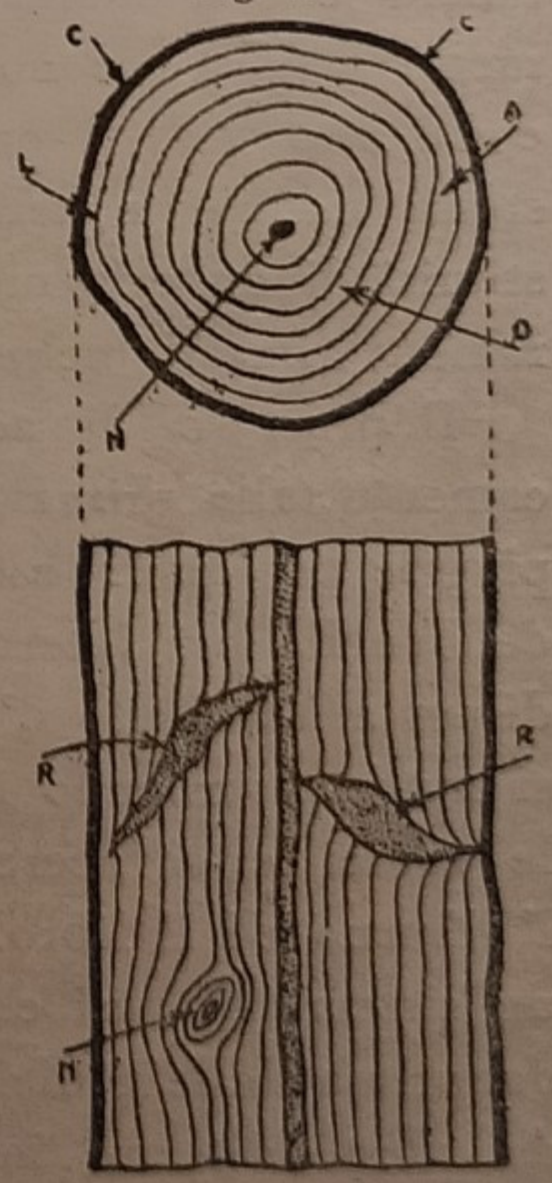


Fig. 2.

anno di vegetazione e quindi *i legni nostrani hanno tanti anni di vita, quanti sono gli anelli* della pianta da cui si trae il legno considerato. Partendo dal midollo e procedendo verso l'esterno, possiamo distinguere quattro zone diverse:

1ª - il *cuore* o *durame (D)* formato di anelli compatti di legno duro completamente maturato;

2ª - *l'alburno (A)* formato di anelli, più teneri e chiari, di legno non ancora giunto a maturazione. (Il nome *alburno* deriva dal latino « *albus* », che significa « bianco, pallido »;

3ª il *libro (L)* formato di un anello, spesso molto sottile, di legno filamentoso e poco consistente. Il suo nome è dovuto all'uso, che se ne faceva anticamente, di surrogato della carta da scrivere. Esso è il legno più giovane;

4ª - la *corteccia (C)* formata di un tessuto anulare caduco, di poca resistenza meccanica, che costituisce la pelle della pianta.

Se ora passiamo all'esame della *sezione longitudinale*, possiamo vedere che essa è composta di strisce, pressochè parallele ad un cordone centrale *(midollo)* di sostanza granulare e tenera, che si chiamano *vene*. Le vene sono formate di filamenti o *fibre* e sono spesso interrotte dai *raggi midollari (R)* e dai *nodi (N)*. I primi partono dal midollo, sono della sua stessa natura, e terminano alla corteccia; i secondi sono costituiti di materia molto dura e compatta ed hanno origine da rametti rimasti inclusi nel tronco allo stato nativo.

Il processo di accrescimento della pianta avviene periodicamente (alla primavera negli alberi nostrani, nei periodi delle pioggie per quelli esteri e tropicali) mediante la trasformazione dell'anello più interno dell'alburno in durame e la comparsa di un altro anello d'alburno a contatto col libro. La pianta si nutre assorbendo i succhi alimentatori dal terreno mediante le radici e si accresce per azione di cellule interposte tra l'alburno ed il libro. La linfa circola nella pianta attraverso un sistema di vasi capillari correnti tra le fibre; essa procede dapprima dalle radici ai rami ed alle foglie e poi, trasformata da queste, ritorna in giù attraverso il libro. E' appunto in questo ritorno che entrano in funzione le cellule generatrici dell'alburno.

§ 2. - Caratteristiche dei legnami - Classificazione.

Si dicono *caratteristiche* dei legnami le proprietà che possono servire a distinguere le diverse essenze legnose e che appartengono in grado diverso a tutte le essenze. Esse sono 14: *colore, durezza, elasticità, fendibilità, finezza, flessibilità, igroscopicità, odore, peso specifico, resistenza meccanica, resistenza alle variazioni climatiche, resistenza al tarlo, venatura, levigabilità.*

Il **colore** *di un legno è la tinta che hanno le sue fibre.* Esso è molto variabile. Vi sono legni *bianchi* come l'abete bianco, il carpino, l'acero e il frassino; vi sono legni *giallastri* o *gialli* come il pioppo, il pero, il faggio, il bosso; *rossastri* o *rossi* come il pino, il larice, il nespolo, la quercia, il pitch-pine ecc.; *bruni* come il noce nostrano e il castagno; *neri* come l'ebano. Spesso la tinta non è semplice, ma composta di diversi colori più o meno confusi e sovrapposti e riesce difficile assegnarle un nome; così il tiglio è tra il bianco ed il rosa, il mogano rosso-bruno, il legno santo verde-bruno ecc.

La **durezza** *di un legno è la sua resistenza alla penetrazione rispetto agli utensili.* Vi sono *legni tenerissimi* come il pino, il pioppo e il tiglio; *teneri* come l'abete, il larice, l'ontano; *duri* come l'acero, il faggio, il castagno, il ciliegio, l'olmo ecc.; *durissimi* come il pero, il sorbo, il bosso; *extraduri* come il legno santo ed i *legni-ferro.* Questi ultimi hanno una durezza paragonabile a quella di una roccia.

La **fendibilità** *è l'attitudine di un legno a fendersi o spaccarsi sotto l'azione di cunei taglienti* (accette ed ascie) *nel senso di sviluppo delle fibre.*

La **finezza** *è la grossezza della grana che presenta il legno sezionato normalmente alle fibre.* Vi sono legni *a grana fina* come l'olmo, l'acero, il pero, il noce ecc. ed a *grana grossa* come il pioppo e il salice. In generale più il legno è duro, più la sua grana è fina.

La **flessibilità** *è l'attitudine del legno ad assumere e conservare la curvatura che si vuol dargli* per eseguire deter-

minati lavori (cerchiature, fabbricazioni di doghe per botti, fabbricazione di mobili ricurvi). Generalmente i legni verdi sono più pieghevoli di quelli secchi. La flessibilità aumenta facendo agire il vapor d'acqua sulle fibre del legno. Tale è il caso del *faggio evaporato* che si trova in commercio e si usa per fabbricare mobili curvi.

L'**igroscopicità** *è l'attitudine del legno ad assorbire più o meno l'umidità atmosferica.* I legni igroscopici rigonfiano, si prestano male al lavoro e vanno soggetti a marcire. Il tiglio e l'acero temono molto l'umidità.

L'**odore** *del legno è dovuto ad emanazione di particelle capaci di impressionare il senso dell'olfatto.* Sono generalmente odorosi i legni ricchi di resina: pino, larice, cirmolo, palissandro.

Il **peso specifico** *di un legno è il rapporto tra il peso di un determinato volume del legno e quello di un ugual volume di acqua distillata a 4°.* I legni verdi sono più pesanti di quelli stagionati e quindi bisogna distinguere il peso specifico del legno verde da quello dello stesso legno essiccato. Conviene però, per la pratica, e dato che il legno si usa solo allo stato secco, riferirsi a quest'ultimo. *Il metodo più spedito per determinare il peso specifico di un legno stagionato è quello di pesarne colla bilancia un pezzo prismatico di note dimensioni e poi dividere tale peso per quello di un uguale volume d'acqua a 4° espresso nella stessa unità di misura.*

Esempio: Supponiamo che un pezzo di legno stagionato delle dimensioni cm. $10 \times 20 \times 4 = \text{cm}^3$ 800 pesi grammi 432.

Avremo:

peso del legno $P = 432$ gr.

peso di un ugual volume d'acqua a 4°

$P' = 800\ \text{cm}^3 \times 1\ \text{gr.} = 800\ \text{gr.}$

peso specifico $p = \frac{P}{P'} = \frac{432\ \text{gr.}}{800\ \text{gr.}} = 0{,}54.$

Se si dispone di una tabella dei pesi specifici delle diverse essenze legnose, si vede che al peso specifico $p = 0{,}54$ cor-

risponde l' essenza dell' ontano. Si può quindi, in tal modo, fare una analisi speditiva della qualità del legno pesato.

La **resistenza meccanica** *di un legno è la sua attitudine a sopportare senza rompersi o deformarsi in modo permanente le forze esterne che lo sollecitano* (sollecitazioni). La resistenza più interessante è la **tenacità,** *che è la resistenza del legno ad essere fortemente tirato nel senso delle fibre senza che queste si stronchino.* Se la trazione si esercita in senso trasversale alle fibre la resistenza del legno è molto minore.

La **resistenza alle variazioni climatiche** *è l' attitudine del legno a conservare la sua forma ed il suo volume quando è sottoposto alle alternanze del caldo e del freddo, del secco e dell' umido.* Alcuni legni si deformano, si spaccano o marciscono quando sono esposti al clima variabile e questo difetto pregiudica l' uso industriale e la conservazione del legname.

La **resistenza al tarlo** *è l' attitudine del legno a non lasciarsi penetrare e rodere da quell' insetto distruttore che si chiama tarlo,* che vive negli ambienti abitati ed attacca spesso le essenze legnose più tenaci ed apprezzate (come il noce). Il legno è quindi tanto più apprezzato quanto più è resistente all' azione del tarlo (come il mogano e l' ebano).

La **venatura** *è il disegno più o meno vario e capriccioso che presentano le fibre del legno coi loro colori, colle macchie, coi nodi e coi raggi midollari.* Tale disegno è uno dei caratteri più spiccati che possano servire al riconoscimento di una data essenza. Son note a tutti le venature caratteristiche dell' acero, del noce e del palissandro che rendono questi legni facilmente riconoscibili dall' aspetto.

A tutte queste proprietà bisogna aggiungere la **levigabilità** *che è l' attitudine del legno a farsi lucidare* (attitudine al pulimento) ossia a prendere in superficie l' aspetto levigato e lucente di uno specchio. Generalmente i legni più lucidabili sono quelli più duri ed a grana fina: noce, acero, pero, mogano, ciliegio, palissandro ecc.

I legnami si sogliono generalmente classificare in: *essenze tenere, essenze forti, essenze resinose* ed *essenze esotiche.* Questa classificazione non è però precisa perchè le essenze resi-

nose possono essere nostrane (pino, abete, larice) o esotiche (cirmolo, legno santo, palissandro), tenere (pino, abete, larice, cirmolo) o forti (legno santo e palissandro) e perchè infine la durezza è di grado talmente variabile che la distinzione delle essenze in due semplici categorie: tenere e forti, appare invero troppo semplice e grossolana. Per queste ragioni ci è parso più conveniente prendere come criterio base della classifica dei legnami il peso specifico del legno stagionato, che è il carattere più universale e più facilmente sperimentabile dei legni. In base a tale criterio noi distinguiamo le essenze più note ed usate in 5 classi:

1ª - *Legni leggerissimi* ($p \leq 0{,}500$).
2ª - *Legni leggeri* ($p = 0{,}500 \div 0{,}600$).
3ª - *Legni semipesanti* ($p = 0{,}600 \div 0{,}700$).
4ª - *Legni pesanti* ($p = 0{,}700 \div 0{,}900$).
5ª - *Legni pesantissimi* ($p > 0{,}900$).

Le essenze tenere comprendono la 1ª e la 2ª classe; quelle dure o forti la 3ª e la 4ª; quelle durissime o fortissime la 5ª classe. La resinosità e la provenienza di ciascuna essenza vengono indicate separatamente per ciascun legname.

§ 3. - Legni leggerissimi ($p \leq 0{,}500$).

Essenze tenerissime.

Regola mnemonica: Pi - pio - ti (Pino - pioppo - tiglio).

Pino. E' una pianta conifera marittima o silvestre di essenza resinosa. Ha il colore roseo o giallastro-bruno, il cuore distinto dall' alburno, anelli visibili e molti raggi midollari. S' adopera per telai di finestre, persiane, pali da telegrafo, alberature navali e mobili comuni. La sua fibra si usa molto per pasta da carta e se ne estrae la colofonia (pece greca). Si trova da noi nel Friuli, nel Pisano e nella Sila. Una varietà molto apprezzata ci viene anche dalla Fiandra *(Pino di Fiandra)*.

Pioppo. E' una pianta che alligna lungo i corsi d' acqua,

dritta, di scorza lucida. Ha colore rossastro nel cuore e bianco-gialliccio nell' alburno. Resiste all' attrito, ma soffre alle intemperie. Si usa per fabbricare casse, pali e fiammiferi.

Tiglio. E' un albero dai fiori odorosissimi, che si usa nei viali. Il suo legno, tra il bianco e il rosa, è tenero, ad anelli sottili, ben marcati e alquanto lucenti, con pochi nodi. Soffre il tarlo e il tempo variabile. Si usa per le matite, per far mobili leggeri, tasti di pianoforte e lavori d' intaglio. Il libro serve per fabbricare le paglie di Firenze. Il carbone s' usa per fare le carbonelle da disegno, i cementi per la cementazione dell' acciaio e la polvere nera da sparo.

§ 4. - Legni leggeri ($p = 0{,}500 \div 0{,}600$). Essenze tenere.

REGOLA MNEMONICA: Ab - lar - on (Abete - larice - ontano).

Abete. E' una conifera di scorza resinosa, sempre verde. Può essere di due qualità: bianco o rosso. L'abete bianco è biancastro, con vene gialle, anelli netti, ricco di nodi, con alburno poco resistente. L'abete rosso è a vene rosse perchè permeato abbondantemente dalla resina. Una sua varietà, molto resinosa ed alquanto odorosa, è il *cirmolo*, molto ricercato per la fabbricazione dei modelli da fonderia e fornito dai paesi balcanici. L'abete bianco è di uso correntissimo e serve per fare mobili andanti, impalcature, travi, telai di vario tipo e baracche.

Larice. E' la pianta nostrana più ricca di resina. Il suo legno, rosso-giallastro, ad anelli marcati e stretti, si deforma poco e resiste bene al tarlo. Si usa per infissi, tini, botti, alberature navali; non è adatto a costruzioni sommerse, perchè marcisce facilmente nell' acqua. Dalla sua scorza si estraggono la trementina e la colofonia. Famosa è la trementina di Venezia.

Ontano. E' un albero che si usa spesso per fermare gli

argini di corsi d' acqua e consolidare scarpate di trincee ferroviarie nei climi umidi e miti. Il suo legno mostra anelli rosei, netti, teneri e compatti. Resiste moltissimo all' acqua, ma teme le variazioni atmosferiche. Si usa per palafitte, mobili, modelli e rocchetti. Le sue fibre si prestano per pasta da carta ed il suo carbone per cementi da cementazioni e polveri da sparo.

§ 5. - Legni semipesanti ($p = 0{,}600 \div 0{,}700$). Essenze forti.

Regola mnemonica: A - ca - ci - fag - ol - pla - sor (Acero - castagno - ciliegio - faggio - olmo - platano - sorbo).

Acero. E' legno bianco-latteo, gialliccio o lievemente rosato, con anelli confusi, ondulati, di struttura fine e compatta, di grande levigabilità. Non si spacca, nè si tarla, ma teme il tempo variabile. Si usa per pezzi torniti, strumenti musicali e mobili di gusto ricercato (per la venatura lucida).

Castagno. E' un albero dai frutti farinosi e saporosi, la cui corteccia fornisce il tannino per la concia dei pellami. Ha il cuore bruno-caffè e l' alburno chiaro; non ha raggi midollari. Soffre i cambiamenti di clima, ma si indurisce nell'acqua. Serve poco per mobili, ma più per braghettoni di porte, telai da finestre, persiane, botti, tinozze e barili. Si adopera anche per scafi, velivoli e pali elettrici.

Ciliegio. E' una pianta fruttifera, il cui legno, di tessitura fine e compatta, ha una tinta bruno-rossastra-chiara ed una venatura ondulata con macchie verdastre-scure. E' molto levigabile e si usa per oggetti di figura, mobili di grazioso aspetto, scatole, ed eliche di velivoli.

Faggio. E' una pianta di grande sviluppo, diritta, che alligna nel bacino del Mediterraneo e da noi trovasi specialmente in Calabria. Il suo tessuto è compatto, di colore rosso-bruno-giallastro, con anelli appena visibili. Le fibre, di grana piuttosto grossa, sono chiazzate da piccole macchie brune e

lucenti formate da innumerevoli e corti raggi midollari. Teme le vicende atmosferiche, indurisce al calore, si fende facilmente, si svergola, ma si mostra molto flessibile, specialmente quando è *evaporato*. Si usa per mobili comuni, ma soprattutto per mobili ricurvi, cerchioni di ruote, stacci, cerchi, manici d' utensili (per la sua elasticità e durezza) ed eliche d'aeroplani. E' anche adoperato per traverse ferroviarie.

Olmo. E' un albero da filari, il cui legno ha l' alburno biondo-pallido ed il cuore rosso-bruno compatto, di fine tessitura. Le fibre sono dure ed elastiche e resistono bene all' usura, al tarlo ed all' umidità. Si usa per scafi, velivoli, mobili di poco pregio, ruote di carri e strumenti agricoli.

Platano. E' una pianta dalla chioma larga ed ombrosa, di grande sviluppo, dalla scorza caduca. Il suo legno ha un color bruno-roseo somigliante alquanto alla tinta del faggio ed una venatura piacente. Si usa per lavori ornamentali, per opere di struttura grossolana, opere idrauliche ed eliche di velivoli.

Sorbo. E' una pianta indigena, fruttifera, il cui legno rosso scuro è il più duro dei legni nostrani. Le sue fibre sono compatte ed omogenee e resistono molto bene all' attrito. Se ne fanno organi di macchine, ruote dentate, pialle, manici d' utensili e calci da fucile.

§ 6. - Legni pesanti ($p = 0{,}700 \div 0{,}900$). Essenze forti.

REGOLA MNEMONICA: Ca - fra - mo - ne | no - pe - pi - que - te (Carpino - frassino - mogano - nespolo - noce - pero - pitch - pine - quercia - teck).

Carpino. E' un legno bianco dagli anelli nitidi ed ondulati. Ha la proprietà di indurirsi seccando. Pur spaccandosi facilmente, si dimostra elastico e si fa ben tornire. Si adopera per pianoforti, manici, stecche da bigliardo, rocchetti, organi di macchine, strumenti agricoli e lavori da carradore.

Frassino. E' un albero diritto e poco nodoso, che vive tanto nei monti che al piano. Il suo legno, elasticissimo e tenace, ha una venatura bianca, dura e compatta, ma marcisce al clima variabile. Si adopera per far ruote, macchine, arnesi rurali, remi, granate, sedie, attrezzi ginnici, manici d' utensili, parti d' aeroplani e di carrozze ed infine modelli di resistenza. Può considerarsi come uno dei migliori e più robusti legni nostrani.

Mogano. E' una pianta americana alquanto resinosa. Il suo legno, rosso-bruno, ha una venatura larga e di bellissimo aspetto, non si spacca, non si svergola e resiste bene al tarlo. Pur essendo duro e tenacissimo, si lavora bene e si leviga in grado superiore. Si usa per mobili di valore e per impiallacciare legni ordinari.

Nespolo. E' un arbusto spinoso, che dà un legno rossiccio macchiato di bruno, di grana minuta, di fibra dura, tenace e resistente all' usura. Si usa per minuti lavori di ebanisteria, per organi di macchine da sottoporre a strofinio, per bastoni da passeggio e manici d' ombrelli.

Noce. E' un grande ed alto albero fruttifero, di natura silvestre e collinosa. Il suo legno di color bruno-cinereo, o rosso scuro, ad alburno stretto ed anelli spiccati, ricco di sottili e scuri raggi midollari, ha una venatura caratteristica, ornata di fiamme rossicce o nerastre. E' duro, tenace, infessurabile, resistente all' umido, si lavora bene, ma è facilmente roso dal tarlo. Si presta alla scultura ed alla tornitura ed è molto ricercato ed apprezzato per mobili di lusso e modelli per fonderia. Si usa anche per fabbricare casse da fucili e la sua scorza è adatta alla concia dei pellami. In commercio, oltre il noce nostrano, che è molto caro, si trova anche il *noce d'America* detto comunemente « *satinè* ». Quest' ultimo, meno pregiato del noce italiano, si usa in forma di piallacci e pannelli per mobili.

Pero. E' una pianta fruttifera, da cui si trae un legno giallastro o rossiccio, compatto, duro e di grana fine ed omogenea. Pur tendendo a spaccarsi, si lavora bene, si tornisce e scolpisce e si adopera per regoli graduati, squadre e righe da

disegno, modelli da fonderia e denti per ruote d'ingranaggi.

Pitch-pine. E' un pino resinosissimo del Centro America e degli Stati Uniti molto smerciato in Europa. Il suo tessuto è sottile, compatto, di colore rosso-bruno. Ha il difetto di spaccarsi e svergolarsi, ma ha una buona resistenza meccanica, non teme l' acqua ed è elastico. Si usa per lavori di carrozzeria, pavimentazioni, mobili d' ufficio, traversine ferroviarie, opere idrauliche e capriate.

Quercia. E' una pianta boschiva, di grandi dimensioni e di vita secolare, di cui esistono in Italia molte specie: *cerro, elce o leccio, farnia, rovere e sughera.* Il suo legno è di tinta giallastra-scura o rossiccia-chiara, il durame è distinto dall' alburno che è biancastro. E' duro, tenace ed elastico ed immerso nell' acqua diventa ancora più duro. La varietà più pregiata dal falegname è la rovere, che è più resistente e di fibra lunga e diritta. Si usa per costruzioni navali e subacquee, aeroplani, ponti, solai, traverse per ferrovie, mobili e modelli da fonderia. La corteccia della sughera dà il sughero e quella delle altre varietà si usa per la concia.

Teck. E' un legno proveniente dall' India e dalle Americhe, ricco di resina, di color rosso-cupo, facile a lavorarsi, duro, resistente al vento, all' umido ed al secco e che acquista un bel pulimento. Si usa nell' industria navale ed aeronautica e per lavori di carrozzeria, infissi, pavimenti e mobili di gusto.

§ 7. - Legni pesantissimi ($p > 0{,}900$). Essenze fortissime.

REGOLA MNEMONICA: Bo - e - pa - lesa (Bosso - ebano - palissandro - legno santo o guaiaco).

Bosso (detto anche ***mortella***). E' un arbusto a foglie lucide, di lento sviluppo, che si coltiva spesso nelle siepi dei giardini signorili. Ha il legno durissimo, compattissimo, color giallo. Si usa per lavori di tornitura, organi di macchine, strumenti metrici e modelli speciali.

Ebano. E' un legno proveniente dall'Asia e dall' America, di colore nerissimo nel cuore e chiaro nell' alburno. E' compatto, duro, fragile, non teme l' umidità, resiste al tarlo ed è molto levigabile. Si usa per mobili sopraffini, per lavori di incisione e d' intarsio, oggetti d' ornamento, bastoni di lusso, tasti da pianoforte, bacchette per direttori d' orchestra e simili.

Palissandro. E' un' essenza americana di tinta violacea, assai compatta, con una venatura chiara di effetto assai piacente per il complesso giuoco delle chiazze. Emana un odore aromatico molto buono per la resina che contiene, è fendibile nel senso delle fibre, duro, compatto e resistente. E' anche molto elastico ed assai lucidabile. Si usa per mobili sopraffini, impiallacciature, tasti di pianoforte.

Legno santo o guaiaco. E' un legno importato dall' America e dall' India. E' di una estrema durezza e perciò non si presta alla fabbricazione dei mobili. Ha l' alburno biondo tenero e le vene gialle o nere. Si adopera per ruote dentate, cuscinetti per alberi e manici di strumenti. La sua resina ha virtù medicamentose e perciò è detto legno santo.

§ 8. - Impiego del legname.

Il falegname utilizza solo il cuore e l' alburno del tronco; la corteccia ed il libro sono spesso inutilizzabili. Il libro di alcune essenze tenere (pino, pioppo, tiglio, ontano e simili) si usa per pasta da carta, per fabbricare carboni leggeri da cementazione e carboni per polvere da sparo. La corteccia può servire, quando contiene sostanze tanniche, per la concia delle pelli. Il legno scortecciato e privo del libro si trova in commercio in due forme: *intero* e *segato*. Il legno intero si adopera per costruzioni varie (tetti, baraccamenti, ponti stradali, armature, palchi, arginature, palificate, lavori di miniera ecc.). Quello *segato* si distingue, secondo l' uso a cui è destinato, in *legname da filo, da intaglio* e *da fenditura*. Il *legname da filo* (tavole e tavoloni, travi e travicelli ecc.) è utilizzato nelle costruzioni edili (porte, finestre, coperture, pavimenti),

nei lavori stradali ed idraulici, nella costruzione di mobili, di casse e di recipienti. Esso deve essere il più possibile diritto e povero di nodi. Il *legname da intaglio* si usa per fabbricare opere d'arte (sculture, incisioni), attrezzi casalinghi (piatti, cucchiai, mestoli, zoccoli) o agricoli (truogoli, barili, ciotole, robinetterie da cantina ecc.). Deve essere compatto, omogeneo, facile a lavorarsi e non deve spaccarsi. Per le sculture si prestano le essenze dolci, per le incisioni quelle dure. Finalmente il *legname da fenditura* è adoperato correntemente da molti artigiani per far lavori *da bottaio* (secchie, tini, botti, barili ecc.), *da carradore* (carri, carretti, carriuole, selle, basti, scale ecc.) e simili.

§ 9. - Difetti e malattie dei legnami.

Il legno può presentare struttura difettosa o malattie organiche. I difetti sono dovuti a cattivo sviluppo della pianta, ad azioni nocive del clima o del terreno od a cause interne. Appartengono al primo tipo di difetti: *il cuore spostato, il cuore doppio, le fibre storte od attorcigliate;* al secondo tipo: *la curvatura del tronco* (prodotta dai venti), *la cipollatura degli anelli* (causata da freddo intenso), *le spaccature radiali* (generate da essiccamento o da gelo). La cipollatura consiste nel distacco degli anelli e rende il legno inutilizzabile dal falegname. Le spaccature radiali sono dirette nel senso dei raggi e si presentano più larghe alla corteccia, più strette nel cuore; anch' esse sono molto dannose alla lavorazione, ma il legno può essere utilizzato, almeno in parte, segandolo nel senso delle spaccature e poi aggiustando e regolarizzando le tavole irregolari risultanti.

All'ultimo tipo di difetti appartengono *i nodi* che possono essere *vivi* (aderenti al legno circostante) o *morti* (che facilmente saltano via dai travi e dalle tavole che li contengono); i nodi morti sono più dannosi dei vivi, perchè lasciano nel legno dei vuoti che ne interrompono la continuità e rappresentano punti di debole resistenza tanto alle sollecitazioni

meccaniche che all'azione degli agenti atmosferici e degli insetti. Le malattie del legno sono dovute ad assorbimento di umidità o di sostanze nocive, a fermentazione dei succhi, ad azione di funghi o di animali parassiti. Alle prime due cause appartengono: *il midollo vuoto o marcio* (che si riscontra spesso nei vecchi tronchi), *il cuore rosso*, caratteristico del faggio e della quercia (dovuto a difetti di assorbimento da parte delle radici o ad alterazione dei succhi per fermenti). Ai funghi sono dovute tutte le specie di *carie* che riducono il legno in polvere o in filamenti incoerenti di vario colore (bianco, nero, azzurro, verde ecc.). Gli animali parassiti che attaccano il legno sono insetti o vermi. I principali insetti distruttori del legname sono: *i coleotteri* (le cui larve producono nelle piante, specialmente fruttifere, veri e propri labirinti), le *formiche* (che attaccano soprattutto l'acero ed il pino), *il limalegno* (che produce nel tessuto della pianta un'infinità di piccoli fori), il *tarlo* (il noto insetto che forma cavità e canaletti nei legni dei mobili) le *termiti* (grosse formiche bianche che vivono nei paesi caldi e vuotano interamente le piante lasciandovi solo la corteccia). I vermi più dannosi agli alberi sono quelli *rossi* che si annidano ai piedi delle quercie e dei pioppi, scavandovi canali profondi e ramificati.

§ 10. - Abbattimento delle piante.

Gli alberi possono essere abbattuti d'inverno, quando i succhi si sono ritirati alle radici, dopo che hanno raggiunto la piena maturità e quindi le migliori condizioni di resistenza e di durata. L'abbattimento può farsi:

1° - *coll'accetta*;

2° - *colla sega meccanica* (azionata da motori a scoppio od a vapore);

3° - *col filo elicoidale d'acciaio* (mosso meccanicamente come una lama di sega);

4° - *col filo di platino portato all'incandescenza* mediante la corrente elettrica.

Il primo procedimento si usa ancora da noi e si adopera nei paesi poco ricchi di legname. Gli ultimi sistemi si usano, con risparmio di tempo e di spesa, nelle regioni di grande produzione (Stati Uniti, Russia, Lituania, Estonia ecc.).

Qualunque sia il metodo usato per l'abbattimento, l'albero viene reciso alla base e quindi fatto cadere mediante funi legate ai suoi rami superiori. Dopo ciò si procede al taglio dei rami ed alla asportazione della corteccia e del libro, giacchè questi ultimi si opporrebbero all'essiccamento e potrebbero determinare la fermentazione dei succhi vegetali e quindi la putrefazione.

§ 11. - Trasporto del legname abbattuto.

I tronchi abbattuti nel bosco vengono trasportati alla segheria servendosi dei mezzi disponibili più economici (piani inclinati, corsi d'acqua naturali, traini, slitte, vagoncini Decauville ecc.).

§ 12. - Taglio dei legnami.

La segheria, impiantata in località non molto lontana dai luoghi di abbattimento, ha il compito di ridurre i tronchi d'albero in travi ed in tavole. Per far ciò si comincia coll'eseguire una squadratura grossolana dei tronchi mediante l'uso dell'ascia, trasformandoli in parallelepipedi a spigoli smussati (Vedi figg. 3 e 4). Così si hanno i *travi squadrati all'ascia* che si utilizzano come *legname intero* dopo la stagionatura. I tronchi così preparati o semplicemente scortecciati vengono quindi divisi in *blocchi* la cui lunghezza sia un sottomultiplo della lunghezza del tronco e permetta di ricavarne travi o tavole di dimensioni commerciali. Così, per esempio, un tronco lungo 12 metri può dare 3 blocchi di

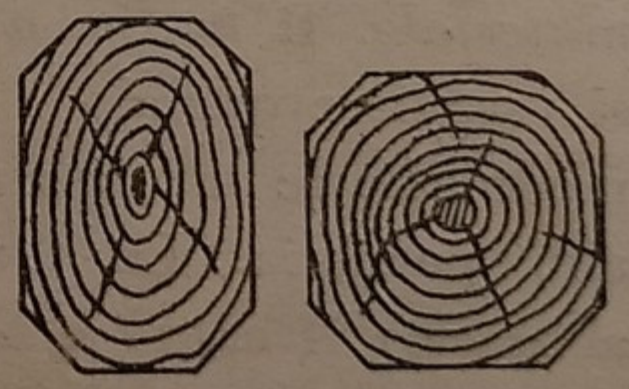


Fig. 3. Fig. 4.

4 metri l'uno, da ciascuno dei quali si ricavano tavole o travi di 4 metri. *La riduzione dei blocchi in travi regolari si fa in modo da utilizzare il più possibile il legname e nello stesso tempo assicurare le migliori condizioni di resistenza alla flessione. Ciò si ottiene assegnando alla trave una sezione rettangolare in cui il lato corto sia 4 o 5 settimi del lato più lungo.* Il tracciamento si può eseguire geometricamente come indicano le figg. 5 e 6. Da queste figure si vede come viene utilizzato il legname residuo del blocco per ricavarne le *tavole t* e gli *scorzoni s*, in guisa da ridurre al minimo il materiale di scarto (tratteggiato nel disegno).

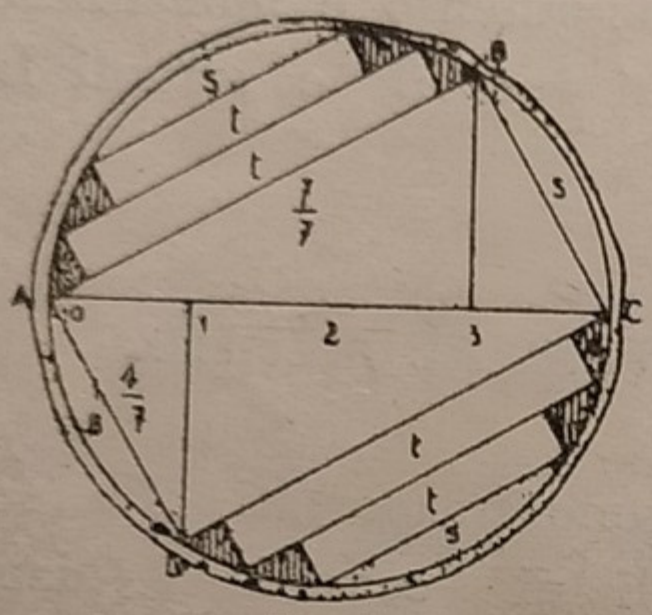


Fig. 5,

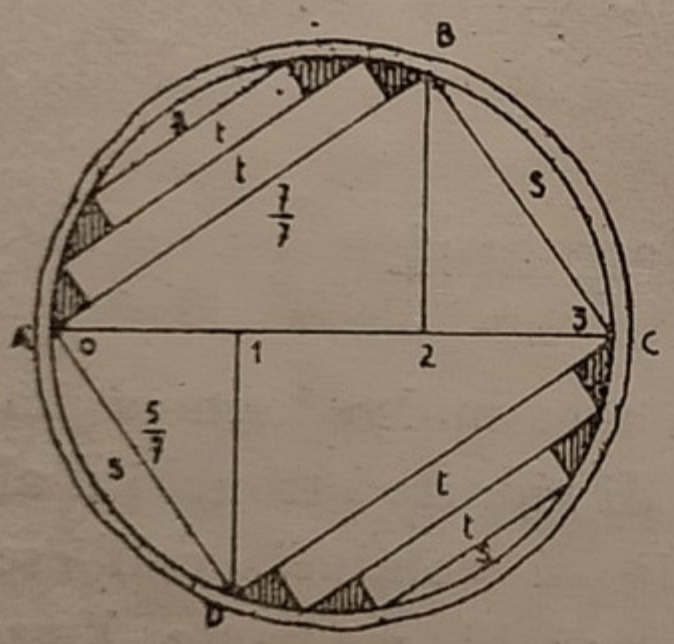


Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

Se invece il blocco deve essere trasformato esclusivamente in tavole, il taglio deve eseguirsi come lo permettono le condizioni organiche del blocco e come lo esige l'economia del materiale. Il *taglio a piani diametrali paralleli* (fig. 7), che si eseguisce quando il midollo è stretto e sano, è fatto in modo che le tavole risultano di spessori decrescenti dal centro alla periferia. La tavola di maggior spessore è quella che abbraccia il cuore e non va soggetta ad incurvamenti; le altre tendono ad incurvarsi nel senso degli anelli. Il *taglio radiale* (fig. 8) che si eseguisce nel senso dei raggi midollari quando questi sono abbondanti e vistosi, non presenta l'inconveniente suddetto, ma produce soverchio spreco di legname per la

regolarizzazione delle tavole. Il *taglio obliquo* (fig. 9), che si impone nei blocchi aventi il midollo grosso e poco consistente, oppure guasto, produce ancora più spreco di materiale, giacchè rimane inutilizzata la parte ordinariamente più

Fig. 9.

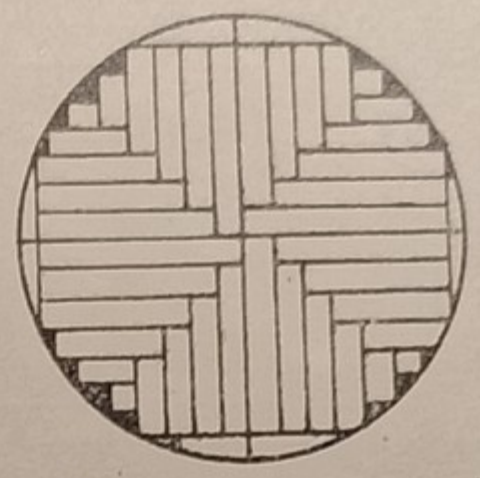


Fig. 10.

resistente, che è quella centrale. Finalmente il *taglio a quartieri* (fig. 10) che può considerarsi una combinazione del taglio a piani paralleli col taglio radiale è spesso usato e produce poco scarto.

§ 13. - Stagionatura del legname.

Il legno non può essere messo in opera se prima non è stagionato ossia disseccato, perchè allo stato verde si lavora male e, dopo messo in opera, va soggetto a *contrazione di volume* e *diminuzione di peso*. Questi due fenomeni dipendono dalla perdita dell' umidità e dei succhi per evaporazione lenta nel!' aria. La contrazione di volume si verifica tanto nel senso delle fibre che in quello perpendicolare ad esse e quest' ultima è più grande. Ad evitare dunque tutti questi inconvenienti si procede alla stagionatura del legname. Questa può essere: *naturale*, *artificiale* o *mista*. *La stagionatura naturale*, (fig. 11), che ha una durata variabile, secondo la qualità e le dimensioni del legno, da pochi mesi fino a 10 anni, si consegue esponendo i travi e le tavole all' aria aperta sotto capannoni o tettoie che li riparino dal sole e dalle intemperie. I pezzi vengono disposti a cataste, di base triangolare, separate dal terreno mediante uno strato di sabbia asciutta. Essi deb-

bono essere sovrapposti in modo che non si tocchino direttamente l' uno coll' altro (cosa che si ottiene coll' interporre tra uno strato e l' altro dei listelli o travetti), che l' aria possa circolarvi in modo continuo e che non vadano soggetti a deformarsi per inflessione sotto l'azione del proprio peso. Periodicamente, secondo la natura del legno, bisogna cambiare l' ordine e la giacitura dei pezzi per far sì che la stagionatura risulti di grado uniforme per tutti.

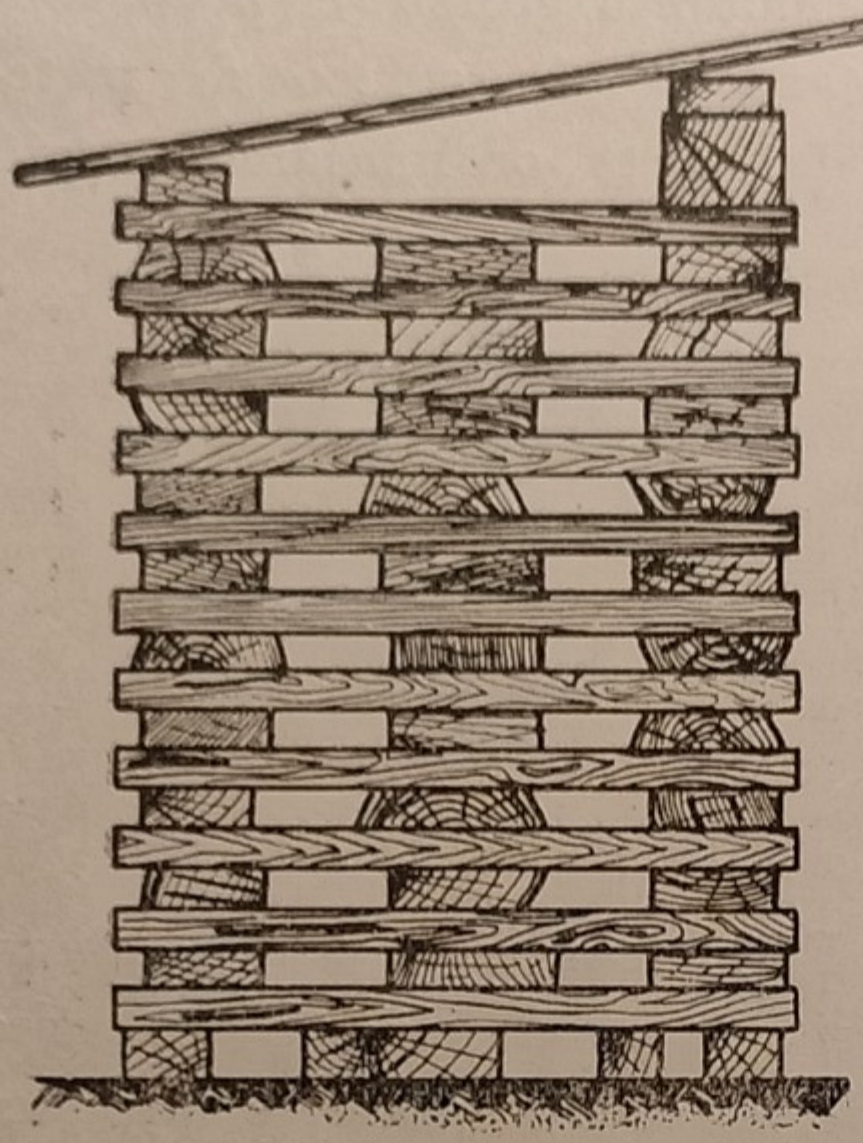


Fig. 11.

La stagionatura artificiale, che dura al massimo una settimana, consiste nel provocare il disseccamento del legno mediante l' azione dell' aria calda o del fumo prodotto da trucioli e foglie bruciati. Se si usa il primo metodo, il legname viene posto dentro camere speciali in cui l' aria viene riscaldata da un serpentino percorso dal vapore e richiamata in alto da un aspiratore; l' umidità viene fatta condensare in apposito recipiente raffreddato da acqua circolante. Se si adopera il fumo si ha il vantaggio di provocare la disinfezione del legno e renderlo più durevole e resistente all' opera degli agenti distruttori, perchè il legno contiene uno speciale acido che si combina coll' olio di catrame prodotto dal combustibile ed il risultato della combinazione è una sostanza disinfettante che penetra attraverso i pori del legno e ne imbeve le fibre. Tanto coll' uno che coll' altro sistema la temperatura della camera in cui si fà l' operazione deve essere aumentata gradatamente di 10° al giorno fino ad un massimo di 50° o 60°. Si lascia quindi raffreddare gradatamente la camera e poi si estrae il legno trattato. *La stagionatura mista* consiste nell' accelerare quella naturale mediante *un lavaggio preventivo* del legno.

Tale lavaggio può farsi *in acqua corrente, in acqua calda* od *a vapore*. Il lavaggio in acqua sia corrente che calda non dà un risultato perfetto perchè non riesce ad eliminare completamente la linfa ed i succhi vegetali contenuti nel legno. Il miglior sistema è quello *a vapore*. Si mette il legno dentro una camera *a chiusura ermetica* (autoclave) e vi si spinge dentro il vapore a bassa pressione. Il vapore fa dilatare il legno, penetra attraverso i pori e le fibre ed asporta i succhi, condensandosi in acqua.

L'acqua di condensazione è torbida, perchè porta in sospensione o in soluzione le sostanze asportate, e viene smaltita attraverso una valvola apposita. L'operazione, che dura alcuni giorni, cessa quando l'acqua ritorna limpida.

§ 14. - Conservazione dei legnami.

Il legno, anche stagionato, può venire alterato o distrutto per molte cause: assorbimento di umidità o di sostanze nocive e attacco da parte di microrganismi o insetti distruttori. Per preservarlo da tutti questi inconvenienti si ricorre a diversi sistemi. Se si tratta di *mobili* o *costruzioni civili* si ricopre il legno con una *vernice* che, essendo di sua natura impermeabile, si oppone alla penetrazione dell'umidità. *I pali telegrafici e telefonici* vengono *carbonizzati superficialmente*, nella parte interrata, mediante l'azione della *fiamma* o dell'*acido solforico*, oppure si spalmano di *catrame*. Le *traverse ferroviarie* subiscono una *iniezione forzata* a base di *olio di catrame* (creosoto) o di *solfato di rame* dentro cilindri metallici a chiusura ermetica. Affinchè il liquido penetri bene dentro il legno questo viene fatto dilatare con aria compressa e calda, poi si produce il vuoto e finalmente si immette il liquido disinfettante, riscaldato, alla pressione di 10 atmosfere. In questo modo il legno risulta asettico ed impermeabile e la sua durata viene molto aumentata. I *piallacci* vengono trattati

con un bagno *di zolfo fuso*, che ne aumenta l'elasticità e la durata. L'estrazione dal bagno si fa alla comparsa dei primi cristalli di zolfo. Finalmente i pezzi di legno che debbono rimanere per molto tempo in magazzino vengono inverniciati alle estremità per preservarli dall'azione degli insetti ed anche dalla penetrazione dell'umidità.

§ 15. - Scelta del legname.

Il legname occorrente per l'esecuzione di un dato lavoro deve essere scelto in modo che la sua qualità corrisponda ai requisiti dell'opera. La scelta del legname presuppone quindi una *conoscenza esatta delle proprietà e dei difetti delle diverse essenze* nonchè l'accertamento del *grado di stagionatura, dei vizi organici* e *delle malattie del legno*. Il legno, come norma generale, *è di buona qualità quando è sano, ha le fibre lunghe e diritte, non è soggetto a scheggiarsi o spaccarsi, presenta un buon grado di tenacità e di resistenza agli agenti distruttori* (intemperie ed insetti). Per accertare lo stato del legno bisogna ispezionarlo accuratamente allo scopo di scoprire i difetti o le malattie occulte e determinare il grado di stagionatura.

La *stortura delle fibre* si vede osservando il pezzo per il lungo; *la cipollatura* si manifesta in sezione; *le spaccature* si manifestano in rigonfiamenti della scorza della pianta (quando non sono direttamente visibili); *la putredine* si osserva nel midollo e nelle fibre contigue: *la carie* si sente picchiando il legno col martello (il rumore sordo è indizio di carie) la *tarlatura* si scopre scortecciando il tronco. Lo *stadio di stagionatura* si può determinare piallando il pezzo ed osservando il grado di umidità della superficie del truciolo (si tenga anche presente che più il legno è verde più si stenta a piallarlo).

I legni più smerciati, come l'abete, si trovano disponibili in tre qualità: *di prima* (fibre diritte e senza nodi, oppure

con nodi vivi minuti); *di seconda* (con fibre alquanto deviate e nodi vivi di medio diametro); *di terza* (con fibre deviate, nodi vivi o morti ed altri difetti).

Per la costruzione di mobili non deve mai usarsi legname di terza qualità.

§ 16. - Misure commerciali e prezzi.

Il legname in commercio si trova sotto quattro forme diverse:

1ª - *Fusti.*
2ª - *Travi.*
3ª - *Tavole.*
4ª - *Fogli.*

I **fusti** sono pezzi di legno, di sezione pressochè circolare, lunghi da 6 a 20 metri e si distinguono in: *tronchi squadrati all' ascia* (sezione ottagonale di varie misure); *abetelle* (diametro da 12 a 25 cm.; lunghezza da 6 a 20 m.); *pali* (diametro da 15 a 30 cm.; lunghezza da 6 a 9 m.). Le **travi** sono parallelepipedi a sezione quadrata o rettangolare e si distinguono in: *travi* (sezione da 15 × 20 cm. a 35 × 45; lunghezza da 6 a 12 m.); *travicelli* (sezione da 8 × 12 cm. a 15 × 18 cm.; lunghezza da 4 a 6 m.); *murali* (sezione da 4 × 4 cm. a 10 × 10 cm.; lunghezza 4-6 m.); *correnti e listelli* (sezione da 2 × 4 cm. a 4 × 9 cm.; lunghezza da 3 a 9 m.).

Le **tavole** sono lastre di legno di spessore piccolo in confronto della larghezza. Questa varia da 10 a 35 cm. e si distinguono in: *tavoloni* o *panconi* (spessore da 4 a 10 cm.; lunghezza da 2,40 a 4 m.); *tavole* (spessore da 0,5 a 3,5 cm.; lunghezza da 3,00 a 6 m.); *assicelle* (spessore da 1,2 a 2,5 cm.; fino a 3 m.).

I **fogli** sono tavole sottili aventi lo spessore da 2 a 5 mm. e si fanno di *legno compensato* (per pannelli e foderine) o *di legni di pregio* (per impiallacciare mobili di legno comune). In quest' ultimo caso si chiamano piallacci.

Riepilogando possiamo scrivere il seguente specchietto:

Forme commerciali dei legnami

Fusti (sezione ottagona o circolare)	*tronchi squadrati all' ascia* *abetelle* ($12 \div 25$ cm.; $l = 6 \div 20$ m.) *pali* ($d = 15 \div 30$ cm.; $l = 6 \div 9$ m.)
Travi (sezione quadrata o rettangolare)	*Travi* ($s = 15 \times 20 \div 35 \times 45$; $l = 6 \div 12$ m.) *Travicelli* ($s = 8 \times 12 \div 15 \times 18$; $l = 4 \div 6$) *Murali* ($s = 4 \times 4 \div 10 \times 10$; $l = 4 \div 6$ m.) *Correnti* ($s = 2 \times 4 \div 4 \times 9$; $l = 3 \div 9$ m.)
Tavole (piccolo spessore rispetto alla larghezza). .	*Tavoloni* ($s = 4 \div 10$ cm.; $l = 2{,}40 \div 4$ m.) *Tavole* ($s = 0{,}5 \div 3{,}5$ cm.; $l = 3{,}00 \div 6$ m.) *Assicelle* ($s = 1{,}2 \div 2{,}5$ cm.; $l \leq 3{,}00$ m.)
Fogli (spessore da 2 a 5 mm.)	*Pannelli e foderine* (legno compensato) *Piallacci* (legni di pregio)

Quasi tutti i legnami da falegname e da ebanista si vendono in tavoloni e tavole al m^3.

Si vendono a quintale le essenze rare o esotiche (bosso-pero-sorbo-palissandro-ebano e legno santo). Il legno di minor costo è il pino ($16 \div 18.000$ lire/m^3). L' ontano si vende a circa 20.000 lire/m^3; il pioppo, il castagno, il faggio costano 20-25.000 lire/m^3; l' abete, il larice, l' olmo 25-30.000 lire/m^3; il ciliegio, il carpino, la quercia, il pitch pine, il platano $30 \div 35.000$ lire/m^3; il faggio evaporato circa 45.000 lire/m^3; il noce circa 50.000; il mogano circa 120.000.

Il palissandro si compra a 30.000 lire/q (270.000/m^3); l' ebano 10.000 lire/q (700.000/m^3).

Capitolo II.

LAVORAZIONE DEI LEGNAMI.

§ 17. - Attrezzatura del falegname e dell'ebanista.

Si compone di *arnesi* per appoggiare e sostenere i pezzi da lavorare, di *attrezzi* per il loro fissaggio, di *utensili* per la lavorazione e di *strumenti* per tracciare, misurare e controllare il lavoro che si eseguisce. Gli arnesi d'appoggio o di sostegno sono: *il banco da falegname, il cavalletto* ed *il fattorino*. Gli attrezzi di fissaggio sono: *il cane, il barletto, il granchio, il cuneo, il sergente, il registro, le morse parallele* e *le presse angolari*. Gli utensili sono: *l'accetta, l'ascia, il cacciapunte*, il *cacciavite, le lime, i martelli, le mazzuole, le pialle, i raschiatoi, gli scalpelli, le seghe, gli stradaseghe, i succhielli, le tanaglie, i trapani a mano*. Gli strumenti di misura, tracciamento e controllo sono: *i compassi, i graffietti, la livella a bolla d'aria, il piombino, il metro, le righe* e le *squadre*.

§ 18. - Arnesi d'appoggio e di sostegno.

Il principale arnese è il *banco da falegname* (fig. 12) sul quale si poggia e si ferma nella voluta posizione il pezzo che si lavora. Esso è alto da 0,80 a 0,85 m. lar-

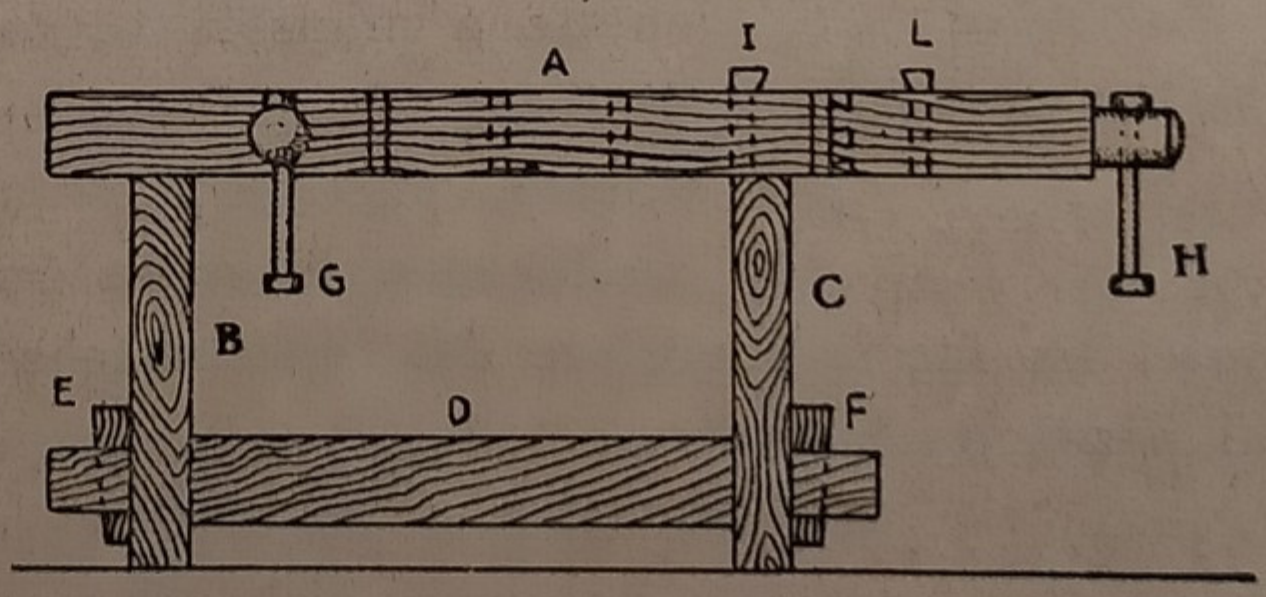


Fig. 12.

go 0,70 e lungo un paio di metri. Si compone di un tavolone *A* di quercia o d'olmo sostenuto da quattro gambe *(BC)* riunite da traverse nel senso della larghezza e da lungaroni *D* in quello della lunghezza. I lungaroni sono passanti attraverso le gambe e vengono stretti contro di esse con cunei (*E* ed *F*). Al tavolone sono fissate due morse a vite *G* ed *H*, una sul fianco e l'altra sulla testata del banco. La prima serve a stringere le tavole da segare o piallare di coltello, la seconda serve a fissare i pezzi da piallare di piatto. Per ottenere questo fissaggio il pezzo viene interposto tra i due cani (o granchi) *I* ed *L* il primo dei quali è introdotto in un foro quadro di una serie di fori *(scaletta)* praticata sulla faccia superiore del costolone anteriore del banco ed il secondo in un foro uguale praticato sul *toppo scorrevole* manovrato dalla morsa *H*. Parallelamente alla scaletta e dalla parte opposta a quella dove si lavora vi è una lunga e larga scanalatura che serve all'operaio per depositarvi gli utensili adoperati per il lavoro. Detti utensili, a lavoro ultimato, vengono riposti in uno o più cassetti situati sotto il tavolone e non rappresentati in figura.

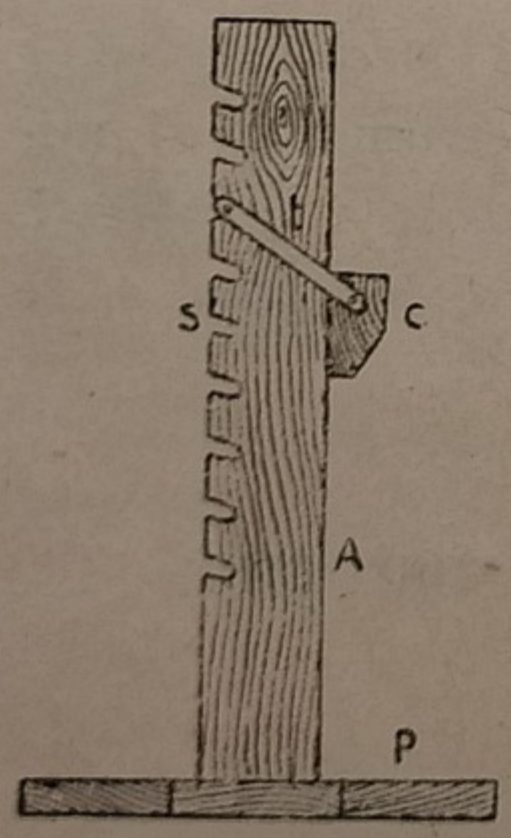


Fig. 13.

Il *cavalletto* è un sostegno formato di un murale fissato in testa a quattro piedi inclinati rinforzati inferiormente da traverse e puntoni e serve ad appoggiarvi i pezzi molto lunghi, che non possono stare sul banco. Il *fattorino* (fig. 13) è un supporto formato di un piede *P* a forma di croce, nel cui centro è infisso un montante *A* munito di scanalature trasversali *s*. Un blocchetto a mensola *C*, sorretto da una staffa di ferro *t*, coi braccì imperniati nel blocchetto, può fermarsi all'altezza voluta introducendo la staffa in una delle scanalature. La faccia superiore del blocchetto serve così d'appoggio al pezzo da lavorare.

§ 19. - Attrezzi di fissaggio.

Il *cane* (fig. 14) che si introduce in uno dei fori quadri del banco e del toppo scorrevole per fissare i pezzi da lavorare è un ferro quadro munito di una testa *T* sporgente dalla faccia anteriore e di una laminetta elastica d'acciaio *m* fissata sopra un fianco. Questa assicura il cane nel foro nella posizione in cui viene fermato facendo sporgere la testa di quanto occorre per

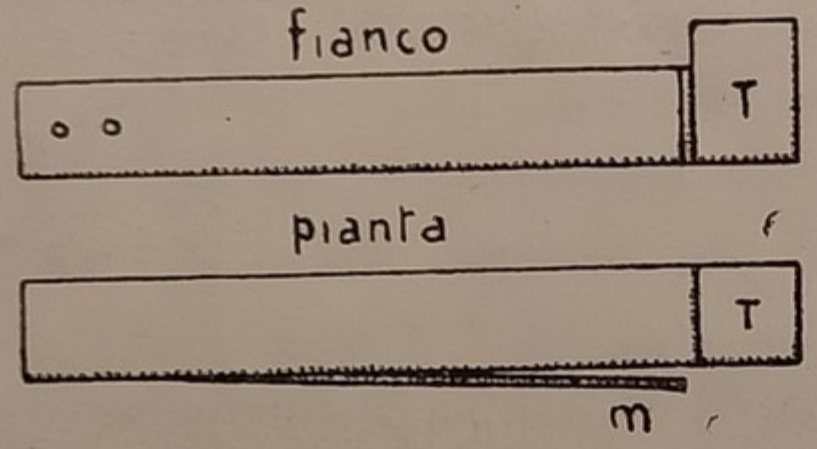


Fig. 14.

tener fermo il pezzo. Il *granchio* è un cane a testa corta munita di dentini che si conficcano nella costola del pezzo da lavorare; esso non dà alcun ostacolo al moto della pialla e perciò è spesso preferito al cane.

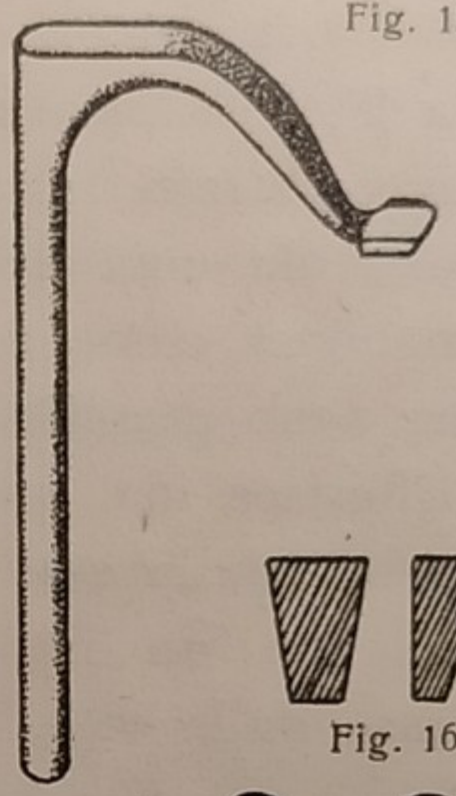


Fig. 15.

Fig. 16.

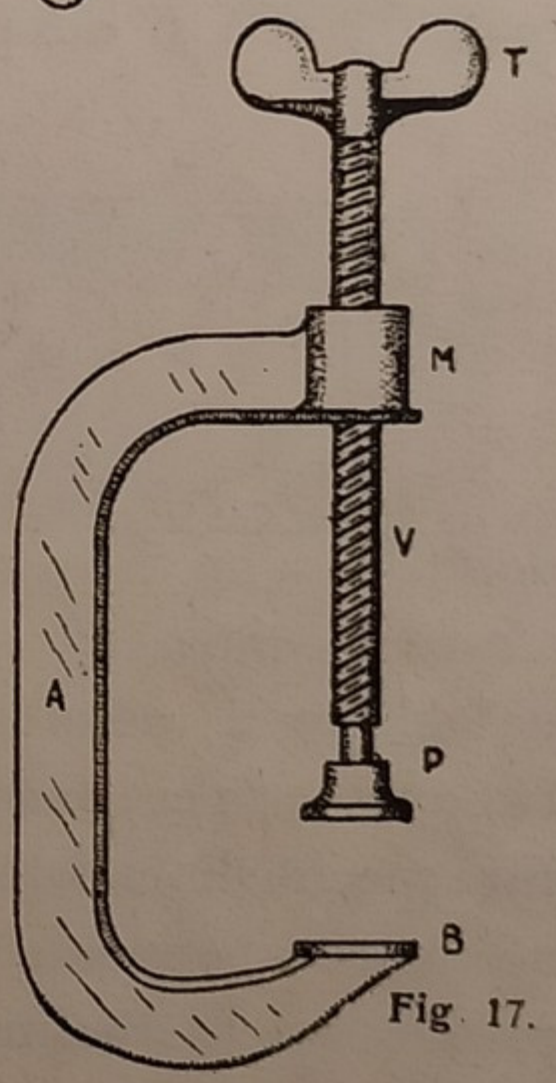


Fig. 17.

Il *barletto* (fig. 15) è una specie di uncino di ferro, a gambo lungo, la cui parte curva (testa) termina con un pezzo piano ed orizzontale. Si adopera come il cane, battendolo leggermente col mazzuolo sopra la testa fino a che l'estremo appiattito aderisce al pezzo e lo tien fermo. Per estrarlo dal foro si picchia alternativamente sui fianchi della testa. Il *cuneo* (fig. 16) è un prisma a sezione trapezia-isoscele o trapezia rettangolare, che si fa sempre di legno duro (bosso, pero o quercia) e serve per fissare pezzi, come anche per fenderli,

per montare o smontare pezzi accoppiati di un dato lavoro. Il *sergente* (fig. 17) che serve a mantenere stretti l'uno contro l'altro due pezzi di legno incollati e paralleli è formato di una staffa di ferro *A* avente ad un estremo *M* un manicotto filettato a chiocciola ed all'altro *B* un pezzo piatto. La chiocciola del manicotto è attraversata da una vite *V* avente la testa *T* a galletto e la punta *P* appiattita. I pezzi da serrare vengono stretti tra *P* e *B*. La testa a galletto può essere sostituita da una testa ad occhio con tondino scorrevole, che si manovra come una manovella, quando gli sforzi da esercitare sono grandi. La *morsa parallela* si usa come il sergente e differisce da questo perchè ha, al posto della staffa, un telaio di legno con un lato scorrevole manovrato dalla vite. Il *registro* (figura 206), che si adopera per fissare

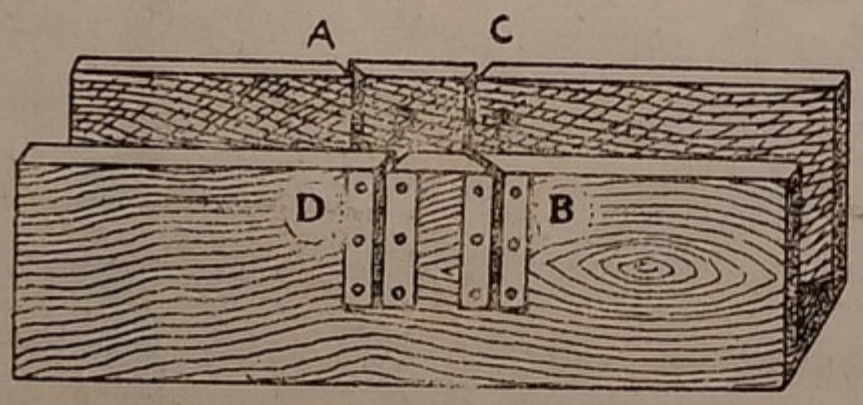


Fig. 18.

e tagliare i pezzi da congiungere ad angolo per formare cornici, è una specie di canale di legno, sulle cui pareti opposte sono praticati quattro solchi inclinati di 45° e che si corrispondono a croce (*A* con *B*, *C* con *D*).

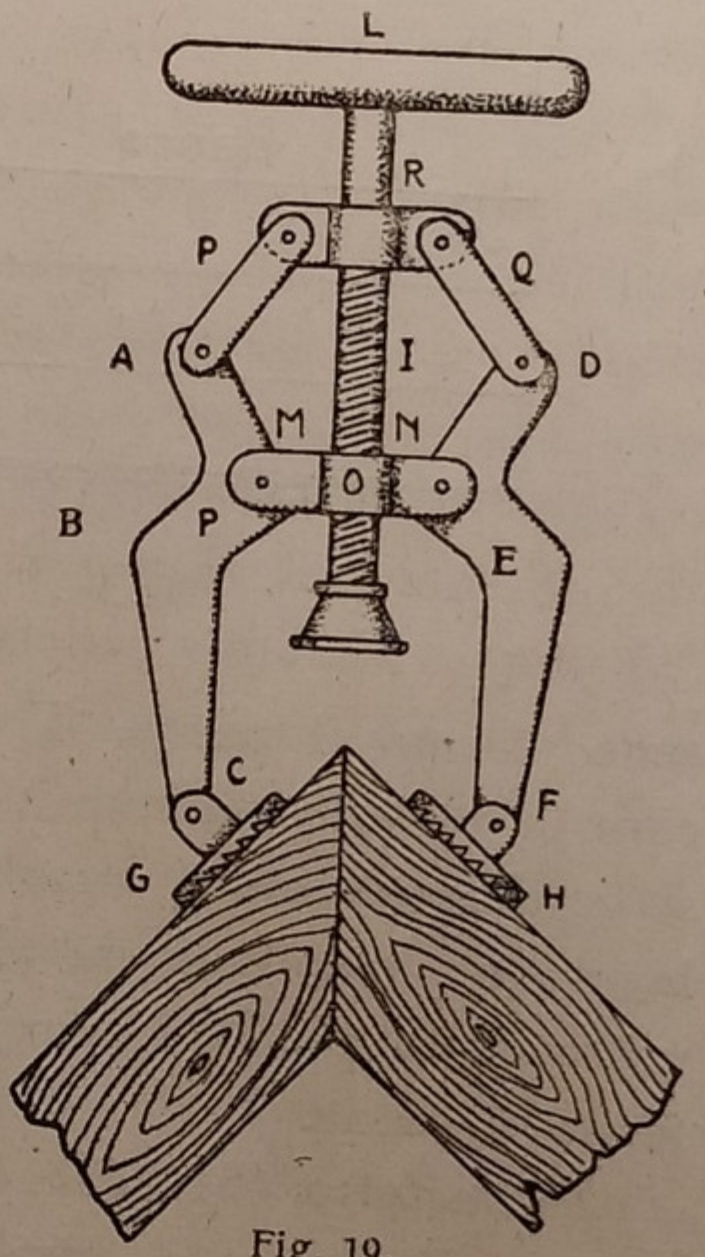


Fig. 19.

Il pezzo da tagliare viene messo dentro il registro, al quale si ferma con cunei e spessori, e poi viene tagliato colla sega, facendo passare la lama di questa attraverso una delle due coppie di solchi, secondo che il taglio deve farsi in un senso o nell'altro. La *pressa angolare* (fig. 19) che serve per serrare due pezzi di telaio o di cornice congiunti ad angolo ed incollati è formata di due leve interfisse *ABC*, *DEF*, aventi

i fulcri nelle alette *M* ed *N* di un manicotto *O* filettato a chiocciola ed imperniate ai due bracci *P* e *Q* collegati a snodo alle alette di un altro manicotto (liscio) *R*. La chiocciola impana con una vite centrale *I* manovrabile col volantino *L*. Alle estremità inferiori *C* ed *F* delle due leve sono congiunte a snodo due piastrine dentate *G* ed *H* aventi i denti inclinati verso l'alto. Serrando la vite, le estremità *C* ed *F* della leva si avvicinano e le piastrine dentate comprimono i pezzi l'uno contro l'altro, rendendoli inamovibili e facilitandone l'adesione.

§ 20. - Utensili da falegname.

Accetta ed ***ascia.*** Sono utensili per spaccare, smussare ed abbozzare pezzi di legno. Sono essenzialmente costituiti di una testa d'acciaio munita di tagliente curvo e cuneiforme e di un manico di legno elastico, duro e tenace (faggio o frassino). Differiscono l'una dall'altra per la posizione del tagliente che nell'accetta (fig. 20) è disposto nel senso del manico e nell'ascia (fig. 21) in senso trasversale.

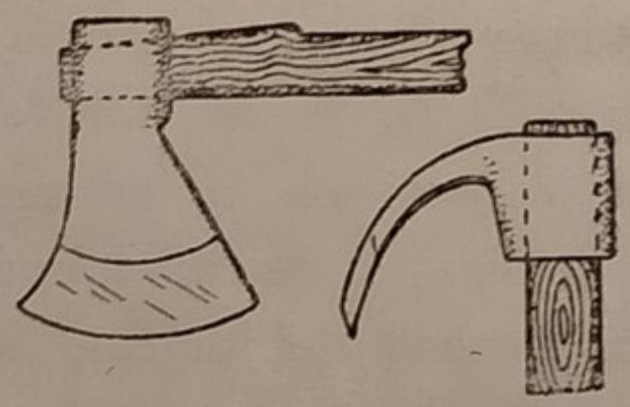


Fig. 20. Fig. 21.

Cacciapunte e cacciavite. Il *cacciapunte* è un'asticciuola d'acciaio avente la testa cilindrica e la punta tronco-conica e serve per affondare le teste dei chiodi nel legno. Per far ciò si poggia la punta sulla testa del chiodo e si batte la testa del cacciapunte col martello. Il *cacciavite* è l'utensile per avvitare o svitare una vite nel legno. E' costituito di un manico di legno munito di foro assiale e ghiera metallica di rinforzo all'imbocco del foro. Nel foro è conficcato il codolo di un'asticciuola d'acciaio terminante con punta a facce oblique o parallele e spigoli diritti. Tale punta si introduce nella scanalatura di testa della vite e, premendovi sopra e girando il manico, si fa avanzare o retrocedere la vite secondo che si vuole conficcarla nel legno od estrarla. Sono preferibili i cacciaviti colla punta a facce parallele, perchè queste, non dando origine a sforzi laterali, impediscono le slabbrature della sca-

nalatura della testa della vite e sopprimono la tendenza del cacciavite a sfuggire dalla medesima.

Lime. Sono utensili per corrodere la superficie dei pezzi di legno o di metallo. Si distinguono in *lime propriamente dette* e *raspe*. Le prime, analoghe a quelle usate per i metalli, servono per portare a finimento zone speciali del pezzo lavorato, per aggiustare cerniere, togliere sporgenze di chiodi o di viti e affilare denti di sega. Esse sono di pochi tipi: dalle bastarde alle dolci. Quella per affilare le lame da sega è di forma triangolare, con un solo ordine di solchi paralleli e sprovvista di solchi presso la punta (per poterla premere colle dita durante il lavoro).

Le *raspe* sono lime a dentatura triangolare, coi denti disposti in file oblique rispetto all'utensile e ve ne sono di forme diverse: *piatte* (sezione rettangolare), *tonde* (sezione circolare), *mezze tonde* (sezione a segmento circolare), *a coltello* (sezione a triangolo isoscele molto acuto) *a mandorla* (sezione a lente biconvessa). Esse si distinguono anche per la finezza del taglio, ossia pel numero di denti (da 10 a 60 per cm^2), *in bastarde*, *mezze-bastarde*, *mezzo-dolci* e *dolci*. Si adoperano per sgrossare, spianare, finire ed arrotondare superfici di legno.

Martelli e ***mazzuole***. Sono utensili battitori a testa metallica (martelli) e a testa di legno duro (mazzuole) ed hanno sempre il manico di legno (faggio o frassino). I martelli non pesano più di un chilo e possono essere *a penna* (fig. 22) o a *forcella* (fig. 23). Il foro della testa (ferro acciaiato o acciaio) si fa un po' più largo dalla parte opposta al manico per potervi conficcare un cuneo di ferro che assicuri la buona tenuta del manico durante il lavoro.

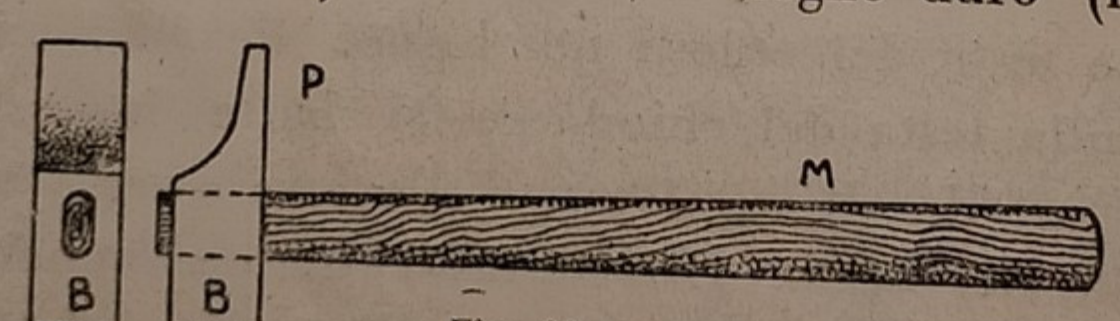


Fig. 22.

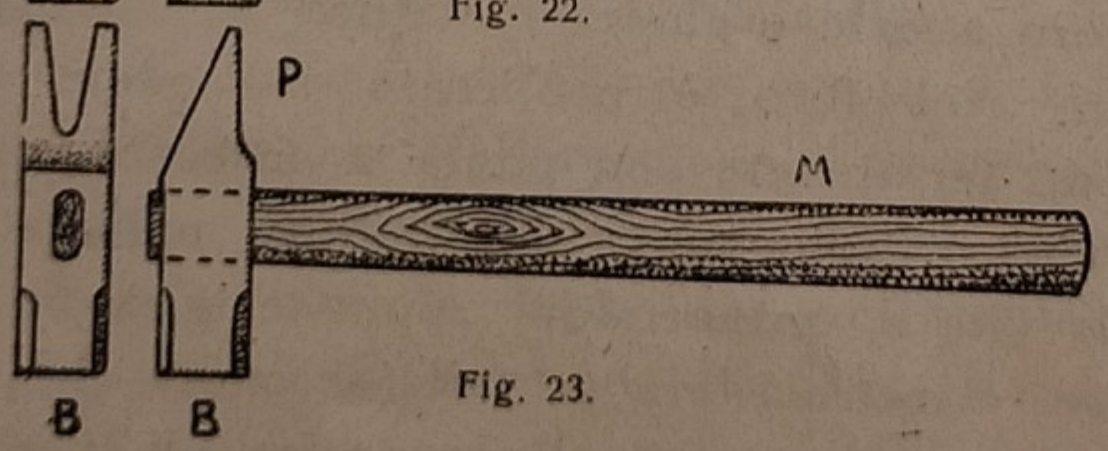


Fig. 23.

La *mazzuola* non è che un martello dalla testa di legno (olmo, rovere o frassino) (fig. 24). Questa ha la forma di

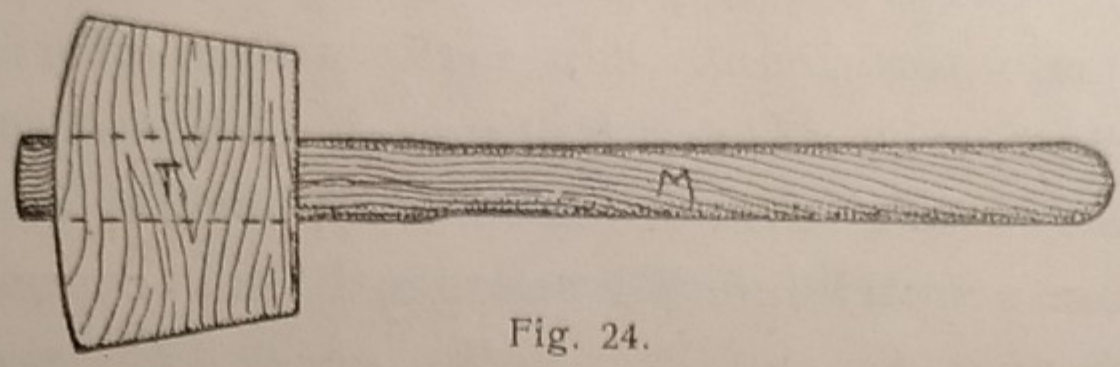


Fig. 24.

prisma rettangolare a basi oblique, colla faccia laterale esterna cilindrica. Serve per picchiare in testa gli scalpelli senza spaccarne il manico.

Pialle. Sono utensili adoperati per spianare superfici, praticarvi scanalature, risalti, scorniciature ecc. Ve ne sono diversi tipi che assumono denominazione diversa, a seconda del lavoro che fanno:

1° - *Sgrossino.*
2° - *Piallone.*
3° - *Pialla.*
4° - *Pialletto.*
5° - *Pialla a denti.*
6° - *Pialla a figura.*
7° - *Scorniciatoio o incorsatoio.*
8° - *Sponderuola.*

Lo *sgrossino* è la pialla per sgrossare il pezzo ossia per togliergli le eccedenze e le irregolarità. Si compone di un *ceppo* (fig. 25) di legno duro (leccio, pero o sorbo) in cui

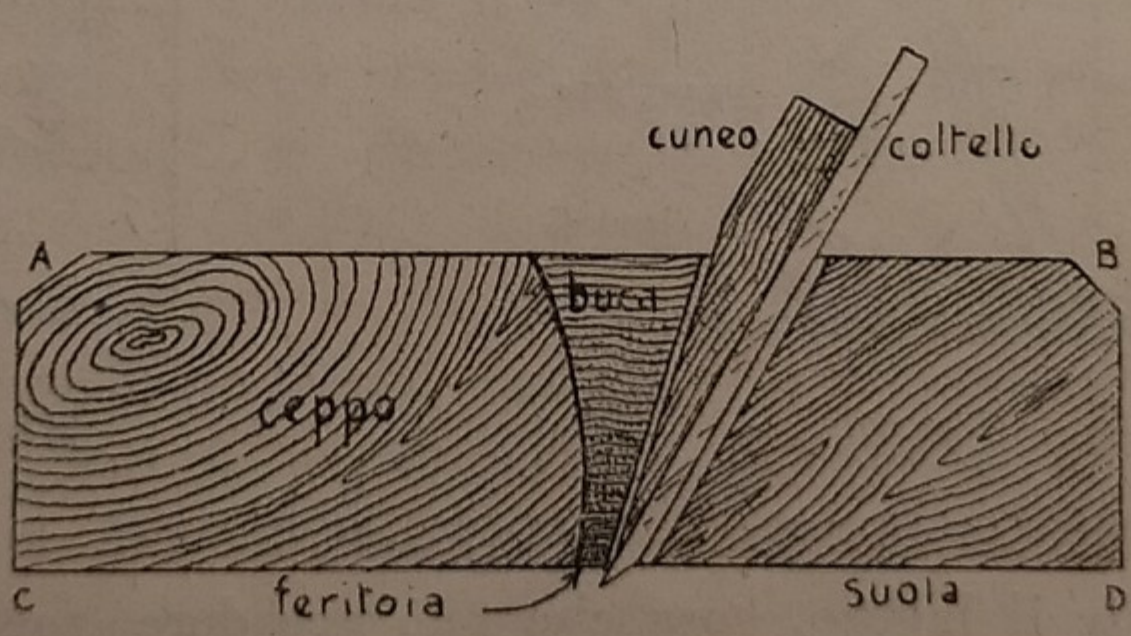


Fig. 25.

è praticata una *buca* che dalla faccia superiore *AB* si estende, diventando sempre più stretta, fino alla faccia inferiore *CD* *(suola)* dove assume la forma di una finestra stretta a pareti

parallele *(feritoia)*. La parte anteriore della buca è curva e la buca è svasata per facilitare la formazione e l'espulsione del truciolo. Nella parte posteriore della buca alloggia una lamina d'acciaio terminante con tagliente cuneiforme, alquanto convesso, e temperato. Detta lamina si chiama *coltello* ed è tenuta ferma da un *cuneo*, che vi appoggia contro e contrasta con due scontri laterali sporgenti dal ceppo, dentro la buca. Per fissare il coltello, colla necessaria sporgenza del tagliente dalla feritoia, basta picchiare col martello sulla testa del cuneo e per allentarlo si batte dietro il ceppo. L'operaio maneggia lo sgrossino, premendolo contro il pezzo, tenendolo colla destra per la parte posteriore e guidandolo colla sinistra poggiata sulla parte anteriore. In tal modo il tagliente del coltello penetra nel legno, asportandone trucioli di limitata larghezza. Il coltello lavora come uno scalpello avente l'*angolo di taglio t* non superiore a 30°-35° e l'*angolo di incidenza i* di $15° \div 30°$. Ne risulta un angolo di lavoro *l* compreso tra 45 e 65°. Il valore minimo di questo angolo (fig. 26) si assume pei legni dolci, quello massimo pei legni duri. Per poter poi impedire lo schiantamento del

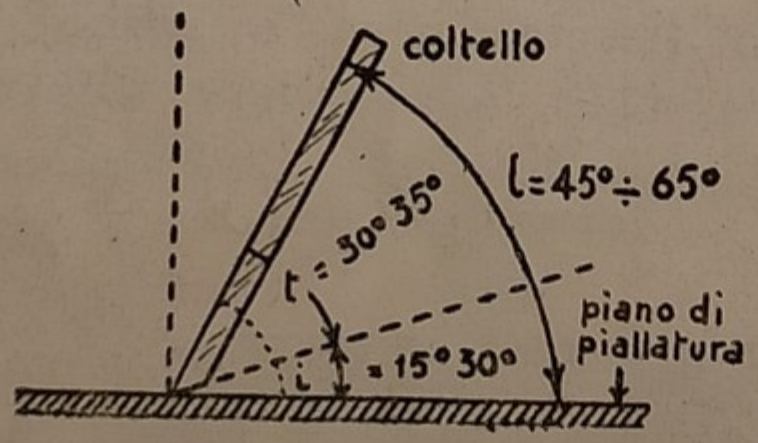


Fig. 26.

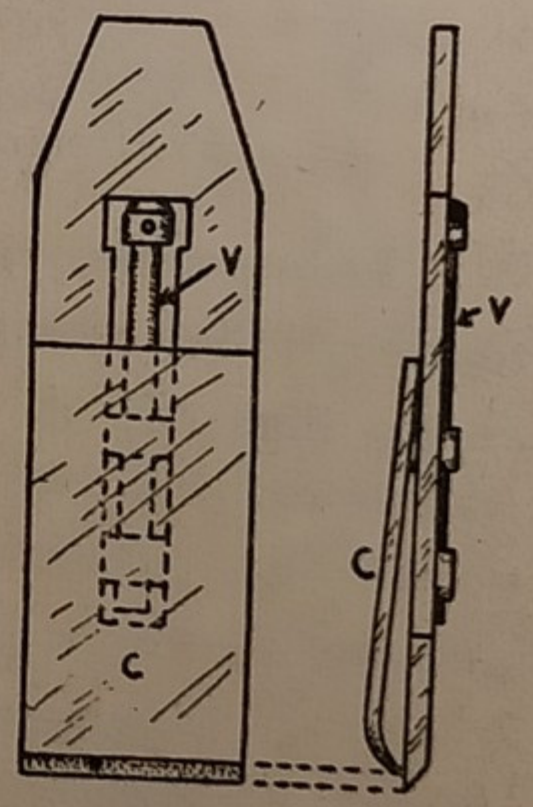


Fig. 27.

legno durante il lavoro, cosa che può accadere spesso quando si lavora legno molto duro o nodoso, si usa di disporre sopra il coltello della pialla il cosiddetto *controferro C* (fig. 27). Questo può generalmente registrarsi mediante una vite centrale *V* manovrabile con una spina che si introduce in adatto foro della sua testa. Il controferro, esercitando una spinta sul

truciolo in prossimità della linea di distacco di questo, ne facilita l' arrrotolamento in direzione del movimento e ne determina la rottura quando oppone troppa resistenza all' accartocciamento.

La sporgenza del coltello rispetto al controferro deve essere tanto più piccola quanto più la superficie del legno deve risultare liscia e quanto più il legno è duro.

Il *piallone* (fig. 28) è una lunga e grossa pialla con manico ad occhio *M*, che si usa per spianare grandi superfici sgrossate collo sgrossino. La sua lunghezza varia da 50 cm. a 100 ed ha un coltello molto largo (da 5 a 7 cm.).

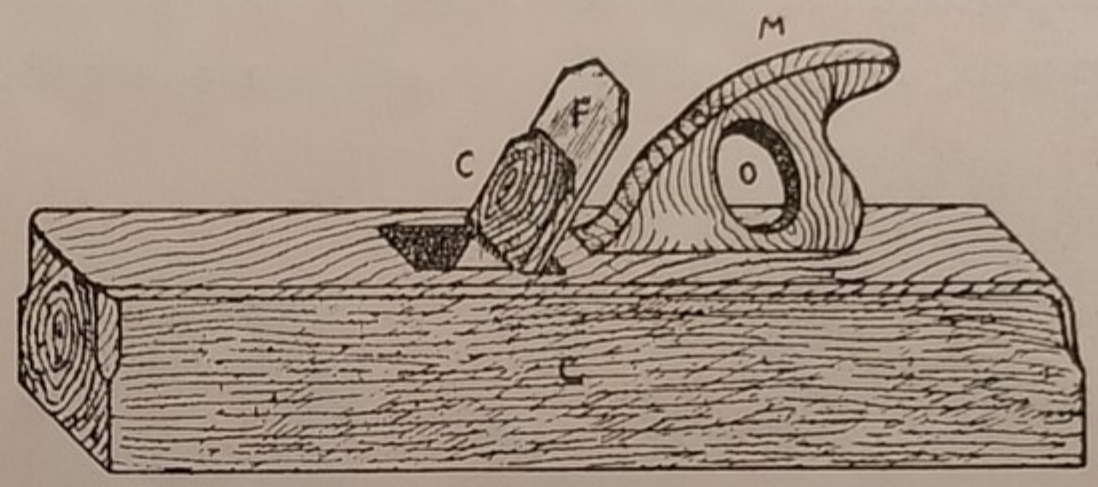


Fig. 28.

Si regge colla destra, mettendo le dita dentro l' occhio del manico, e si guida colla sinistra distesa di fianco al ceppo.

La *pialla* è simile in tutto al piallone, ma più corta (da 30 a 50 cm.) e di ferro meno largo (da 4 a 6 cm.). Si usa per spianare superfici più piccole.

Il *pialletto* differisce dalla pialla perchè ha il manico davanti e questo ha la forma di un corno. E' lungo da 20 a 25 cm. ed ha un coltello largo circa 5 cm. Si impugna sul corno colla sinistra e si spinge di dietro colla destra. Serve per piccole spianature.

La *pialla a denti* è un pialletto avente il coltello rigato longitudinalmente e senza controferro. Si usa per sgrossare legni molto duri e per preparare le superfici dei pezzi da impiallacciare, giacchè tali superfici, risultando ondulate, danno più alloggio alla colla e facilitano l' adesione del piallaccio alla superficie da rivestire.

La *pialla a figura* è una pialla a suola ricurva, concava o convessa. Se è ricurva nel senso longitudinale si dice *centinata*; se è ricurva nel senso trasversale si dice *a bastone* (se convessa), *a forcella* (se concava). Il coltello ha il tagliente

sagomato secondo la curvatura della suola ed è difficile ad affilarsi perchè facilmente se ne guasta il profilo. Queste pialle si usano per lavorare superfici curve e richiedono speciale abilità nel maneggio. In commercio si trovano pialle centinate americane, completamente di metallo, la cui suola è d'acciaio e può assumere, con speciali dispositivi, diverse curvature.

Lo scorniciatoio o incorsatoio è una pialla per fare scorniciature e praticare risalti o scanalature nello spessore del pezzo. Il suo coltello è sagomato secondo il profilo che deve

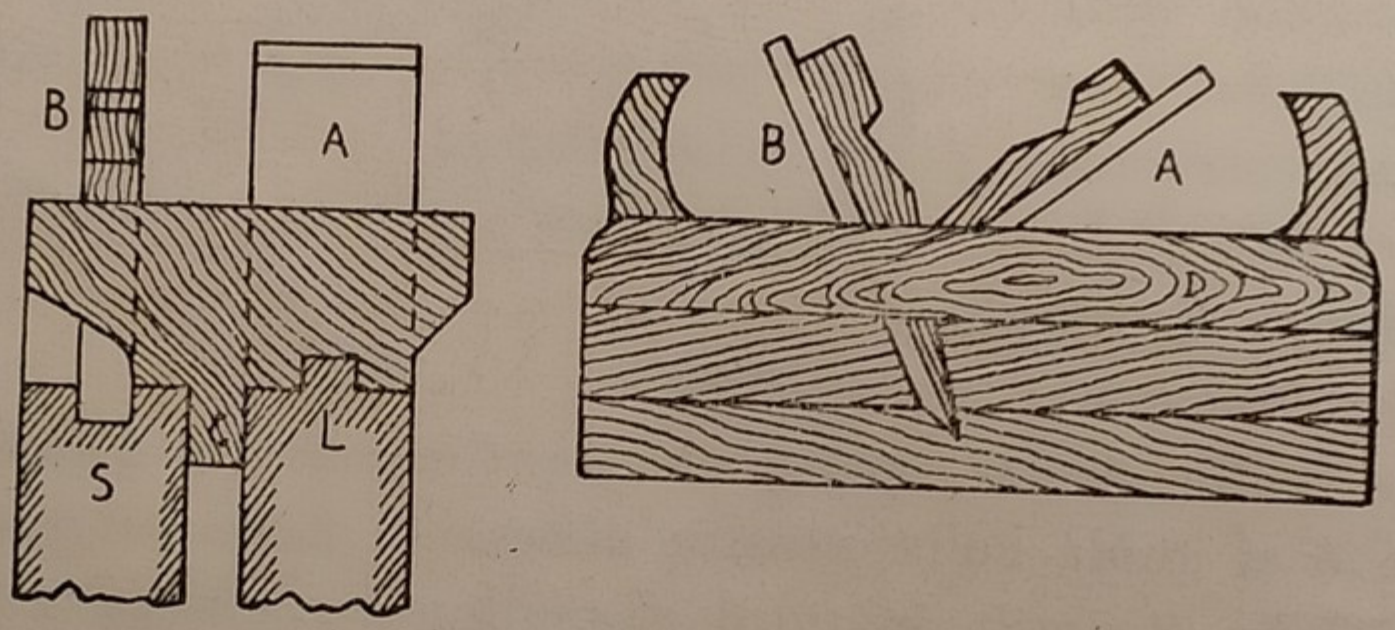


Fig. 29.

avere la scorniciatura e la sua suola è munita di una sponda longitudinale per renderla adatta a scorrere lungo il bordo del pezzo da lavorare. Si usa spesso per preparare le tavole dei pavimenti che debbono essere congiunte «a maschio e femmina» (ossia a linguetta e scanalatura). In questo caso la pialla porta due coltelli (fig. 29) uno *A* per praticare la linguetta *L* nel maschio e l'altro *B* per scavare la scanalatura *S* nella femmina. Nella figura *C* è la sponda dell'incorsatoio. Siccome i coltelli sono inclinati in senso opposto, non possono agire simultaneamente, ma alternandosi nelle fasi di lavoro e di ritorno.

La *sponderuola* è la pialla adatta per praticare modanature di vario genere nello spessore di una tavola o su qualunque pezzo di superficie stretta. Ha la buca situata di fianco la ceppo e quindi espelle i trucioli lateralmente. La larghezza

del coltello è uguale o maggiore di quella della suola (fig. 30). Questo utensile si adopera spesso per fare battenti di porte, finestre e sportelli. Vi sono poi sponderuole di molte e svariate forme: *a canto* (col tagliente disposto obliquamente alla suola, per lavorare su legni duri), *a bastone* (per scanalature curve), *a forcella* (per eseguire risalti convessi), ecc.

Raschiatoi. Sono lamine d'acciaio il cui tagliente, temperato, può essere diritto o ricurvo, secondo la sagoma della

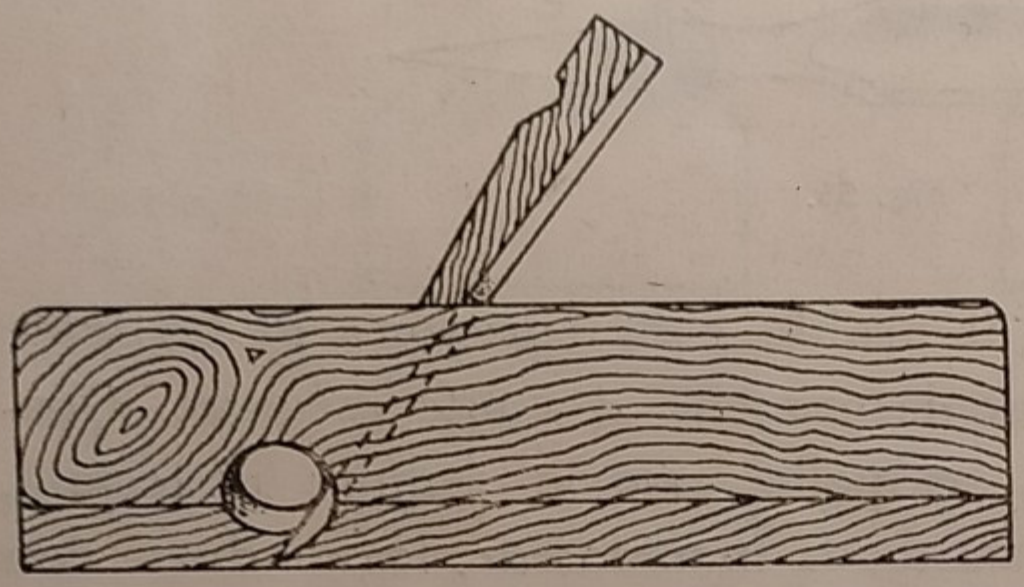


Fig. 30.

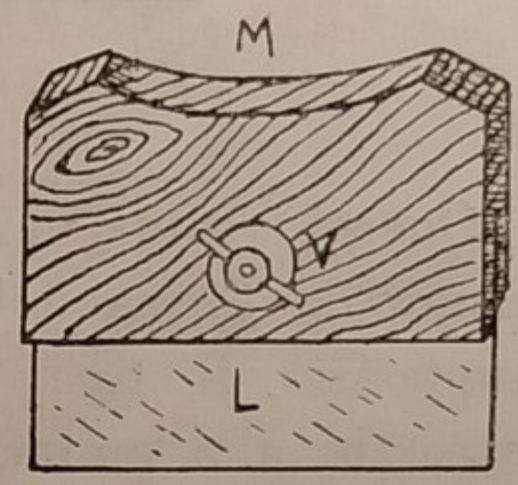


Fig. 31.

superficie da lavorare, e servono per raschiare detta superficie e lisciarla. Si distinguono in *diritti*, *a gola*, *a forcella*, ecc.

La fig. 31 mostra un raschiatoio diritto col manico di legno *M*, la lama *L* e la vite di fissaggio *V*.

Scalpelli. Sono utensili taglienti usati per fare incastri e scanalature di varia specie. Sono costituiti di tre parti: il *codolo C* (conico o piramidale), il *corpo A* e la punta *P*. Il codolo è munito di un *collarino R* che si appoggia contro il manico e serve ad impedire che questo si spacchi durante il lavoro. Gli scalpelli sono di tre specie:

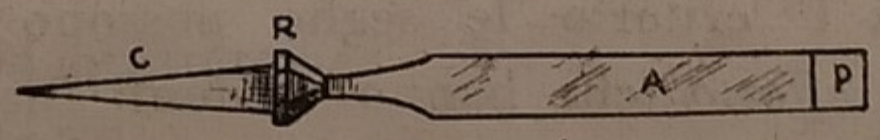


Fig. 32.

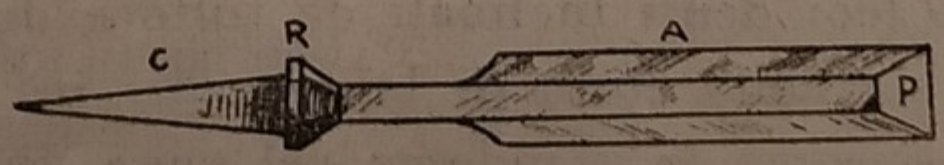


Fig. 33.

1ª - *scalpelli ordinari* (a sezione rettangolare o trapezia figg. 32 e 33).

2ª - *bedani* (per scanalature a sezione rettangolare fig. 34);

3ª - *le sgorbie* (per scanalature concave fig. 35).

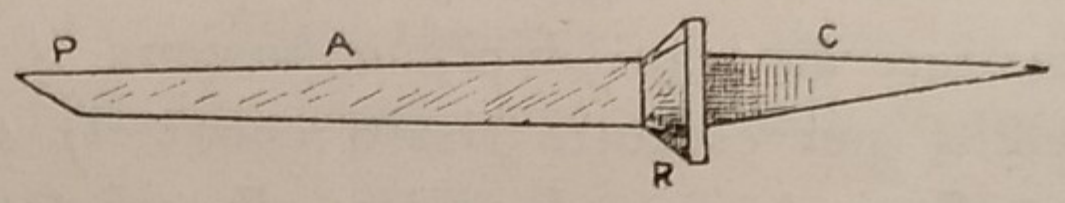


Fig. 34.

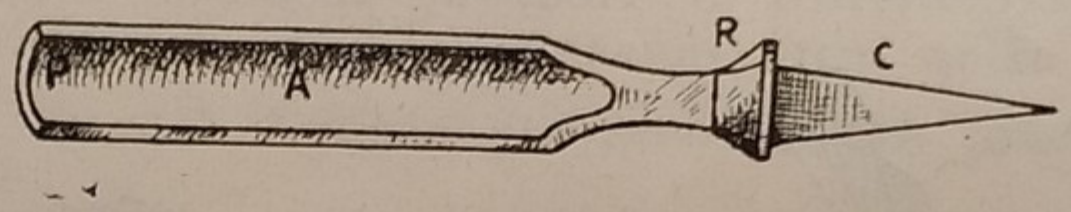


Fig. 35.

Queste ultime variano di profilo e di curvatura al tagliente secondo la forma della scanalatura che si vuole eseguire. Qualunque sia il tipo dello scalpello esso è sempre d'acciaio, temperato alla punta, e munito di manico di legno duro con ghiera metallica all'imbocco del foro; la larghezza del tagliente va da mezzo centimetro a 5 cm.

Seghe. Sono quegli utensili con cui si può segare ossia tagliare con un solco sottile un pezzo di legno, secondo una superficie piana o curva. Sono essenzialmenle costituite di due parti; la *lama* tagliente (lamina o nastro d'acciaio, variamente dentata, con cui si pratica il solco divisorio nel pezzo) ed il *supporto* (a cui si fissa, con o senza tensione, inclinata o no, la lama). Le seghe possono distinguersi secondo due criteri:

1° - *secondo il modo di lavorare dei denti;*

2° - *secondo la forma ed il genere di lavoro che fanno.*

Riferendosi al 1° criterio le seghe possono distinguersi in *seghe a semplice effetto* (che hanno i denti inclinati solo da una parte e quindi tagliano solo nella corsa di lavoro) e *seghe a doppio effetto* (coi denti inclinati da tutte e due le parti e perciò taglianti sia nella corsa di lavoro che in quella di ritorno). Inoltre, siccome la grandezza del vano divisorio tra un dente e l'altro deve essere proporzionata al volume dei trucioli e tale volume è tanto più grande quanto più i legni sono teneri, possiamo dire che *una sega è adatta al taglio*

dei legni teneri quando ha grandi vani, dei legni duri quando ha vani piccoli. Finalmente *i legni duri richiedono denti piccoli e frequenti, quelli teneri denti grandi e radi.*

Le figg. 36-37-38-39 rappresentano lame di seghe a semplice effetto; le figg. 40-41-42-43 lame di seghe a doppio effetto. Le lame adatte per legni duri sono rappresentate dalle figg. 36-39-40; quelle per legni dolci dalle figg. 36-41-38-42.

Fig. 36.

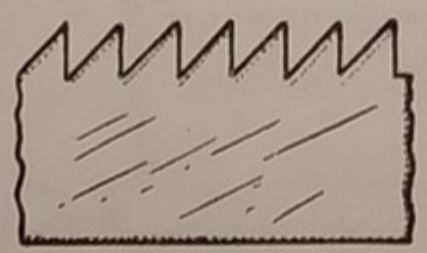


Fig. 40.

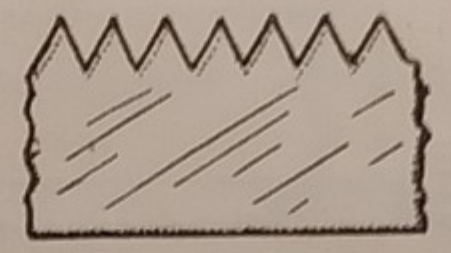


Fig. 37.

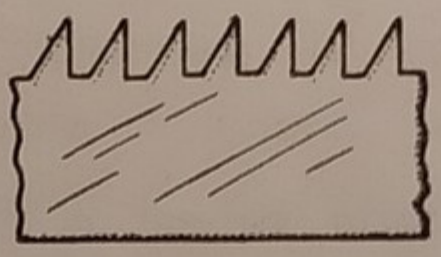


Fig. 41.

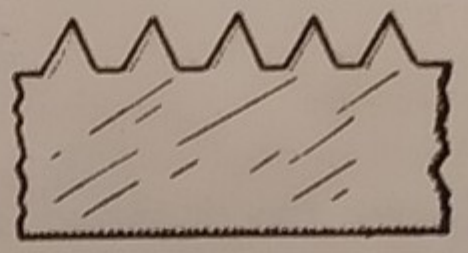


Fig. 38.

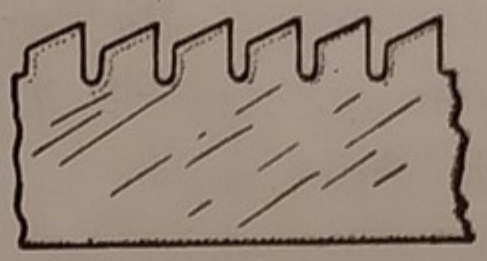


Fig. 42.

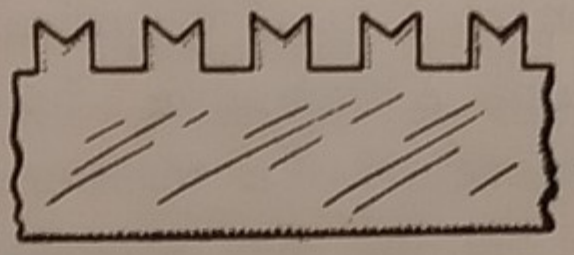


Fig. 39.

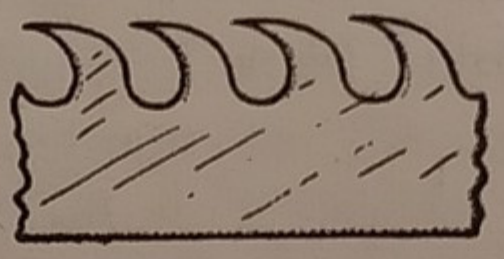
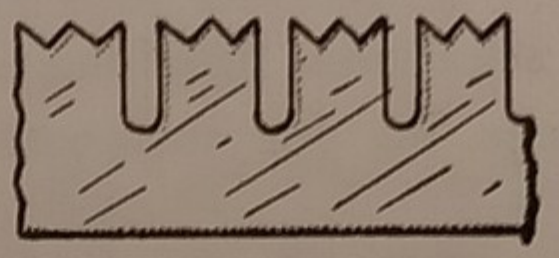


Fig. 43.



La lama 43 è adatta per qualunque tipo di legno, mentre la 39 va bene per i legni di grande durezza.

Riferendosi ora al 2° criterio possiamo distinguere le seghe in 5 tipi:

1° - *Sega ordinaria.*
2° - *Saracco.*
3° - *Voltino.*
4° - *Sega a guida.*
5° - *Gattuccio.*

La *sega ordinaria* ha il supporto formato di un telaio rettangolare (fig. 44) avente uno dei lati lunghi formato dalla lama *L* e l'altro da una corda attorta. I lati corti sono formati

di due assicelle *B* e *C* che alloggiano per i punti di mezzo in due scanalature praticate sulle teste dell'asta centrale *A*. La corda è sostenuta dagli estremi dell'assicelle piegati a gancio e viene attorcigliata mediante un'asticciuola *N* (nottola) il cui

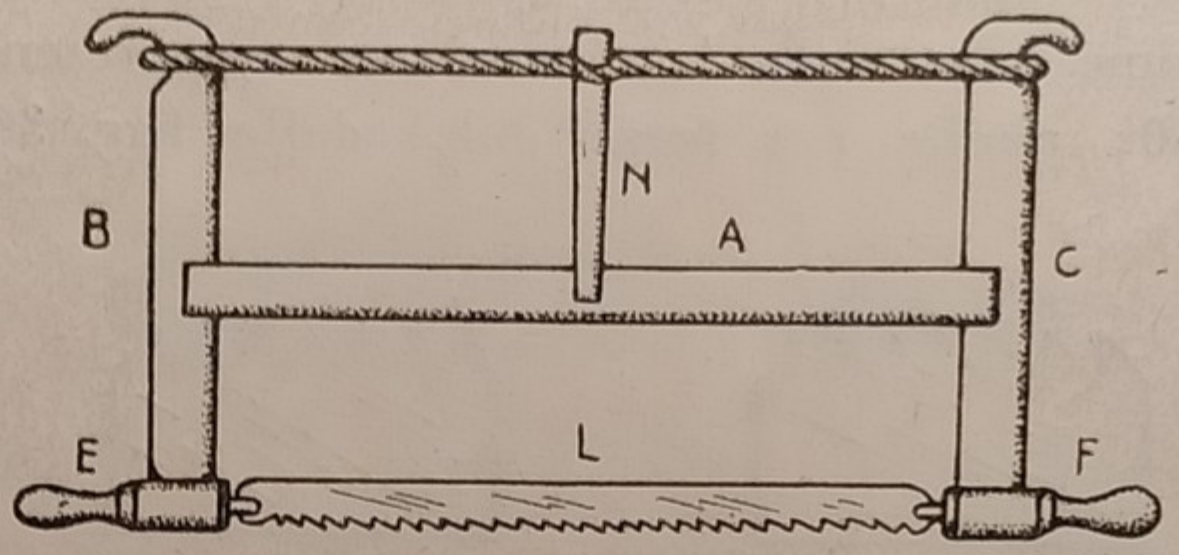


Fig. 44.

capo è introdotto fra i rami della corda stessa e il cui piede appoggia contro l'asta, in guisa da impedire alla fune di svolgersi. La lama è fissata a due morsetti girevoli *E* ed *F* mediante due pernetti. La torsione della fune serve a tendere la lama e la rotazione dei morsetti ad inclinarla come si vuole. Quando la sega non funziona si lascia lenta la corda.

Il ***Saracco*** ha per supporto (fig. 45) un manico *M* ricurvo

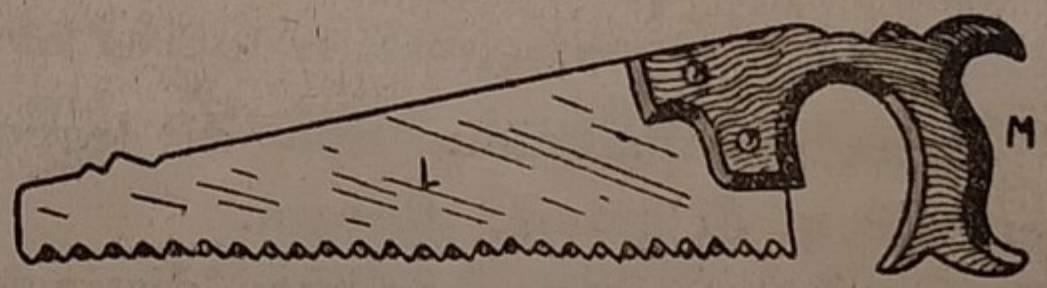


Fig. 45.

in modo da poter essere impugnato dalla destra e la lama *L*, di forma trapezia, è fissata in una scanalatura del manico con adatte viti. Questo tipo di sega può anche avere la lama rettangolare, rinforzata dalla parte opposta al taglio da un costolone, spesso amovibile, ed il manico ad occhio ed allora si chiama *sega a costola*. *Il voltino* non è che una sega ordinaria a lama stretta che può farsi girare comodamente lungo la traccia del taglio curvo che con esso si eseguisce. *Il gat-*

tuccio (fig. 46) è un saracco avente la lama lunga e stretta, ma di spessore piuttosto forte, che serve agli stessi usi del

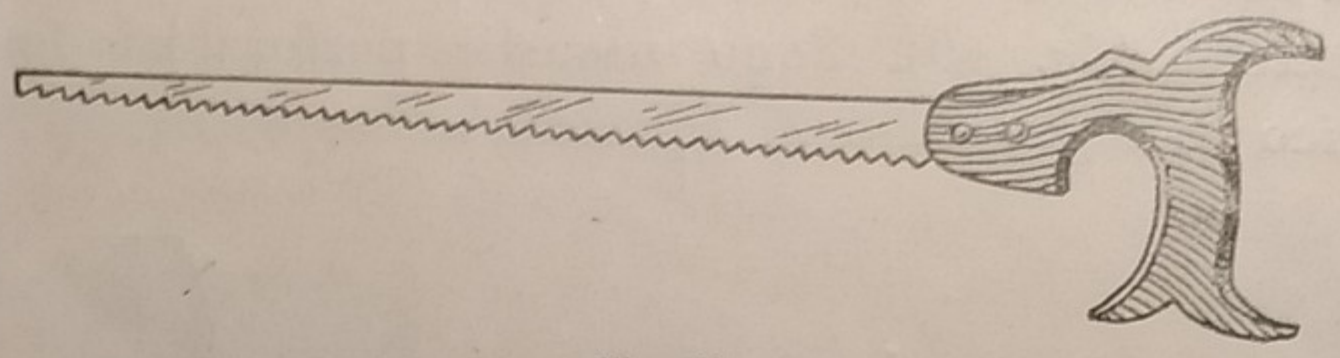


Fig. 46.

voltino, ma può anche servire a praticare fori di sezione circolare o comunque curva.

La *sega a guida* (fig. 47) ha il supporto a sella *S* con un manico ricurvo *M* posteriore ed uno, a corno, anteriore. La lama *L*, diritta, è incastrata in una fessura longitudinale del supporto e fissata con due viti. Si usa per fare strette scanalature, segare piallacci e sporgenze a livello di un piano.

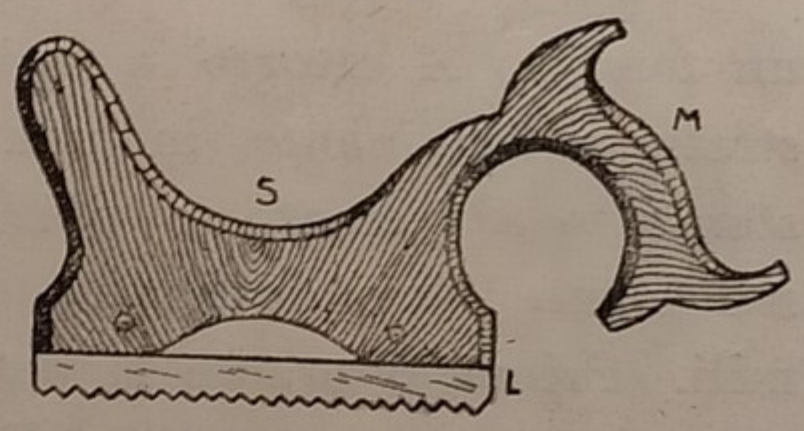


Fig. 47.

Stradasega o *licciaiola* (fig. 48). E' l'utensile con cui si fa la *stradatura* o *licciatura* delle lame da sega, ossia se ne piegano i denti alternativamente sui due fianchi della lama in modo che abbiano la stessa sporgenza. Ciò si fa per ottenere nel pezzo che si sega un solco più largo della lama, con che si impedisce che questa si incastri nel legno.

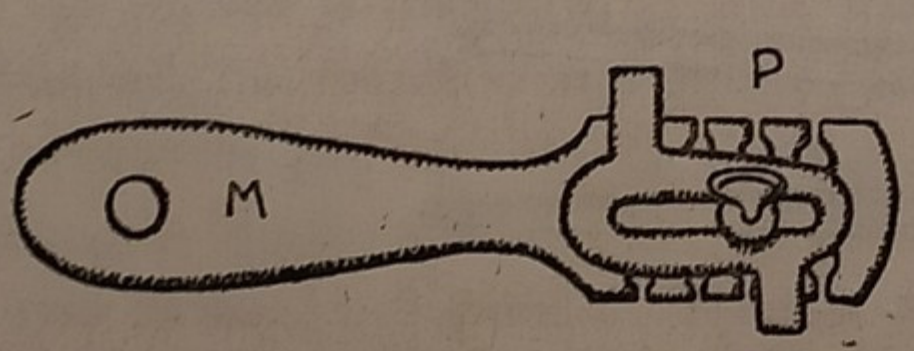


Fig. 48.

Si compone di una piastrina d'acciaio *P* munita di due serie di feritoie di varie larghezze (corrispondenti agli spessori delle lame da piegare) e di un manico *M*. Il corsoio *G*, munito di due scontri, è fissabile nella voluta posizione mediante una vite a galletto, il cui gambo attraversa una feritoia del corsoio stesso. Esso permette di regolare ed uguagliare le

sporgenze dei denti. Questi vengono piegati ad uno ad uno introducendoli in una feritoia e girando il manico in giù fino a che la lama urta contro lo scontro.

Succhielli (fig. 49). Sono utensili perforatori formati di un manico di legno duro *M* (quercia o bosso) in cui è infisso

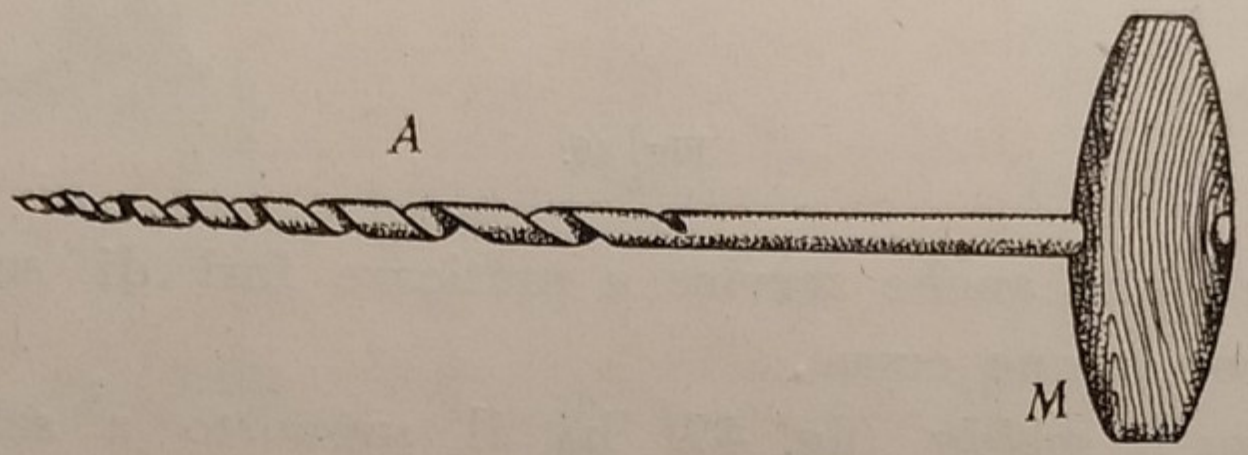


Fig. 49.

un tondino *A* attorto a spire elicoidali sempre più corte e strette e terminante in una punta conica. Si fanno d' acciaio stampato o fucinato e poi si temperano. Si usano per fare nel legno i fori destinati a ricevere viti, caviglie, chiodi e simili. Prima si preme la punta del succhiello sul pezzo e si gira il manico; quando l' utensile è un po' penetrato nel pezzo, basta ruotarlo perchè vi si approfondisca sempre più.

Tanaglie. (fig. 50). Sono utensili a ganasce, per estrarre chiodi. Le ganasce sono arcuate e terminano a punta, cunei-

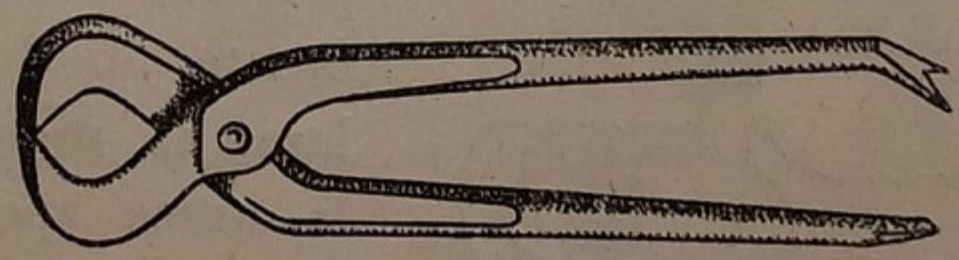


Fig. 50.

forme acuta, cosicchè possono facilmente introdursi tra la testa del chiodo ed il legno. Allora, stringendole attorno al chiodo e facendo leva colle gambe della tenaglia, il chiodo viene a poco a poco sconficcato dal legno. Spesso, alle estremità delle gambe sono adattate una punta da cacciavite ed un piede di cervo per raddrizzare i chiodi storti. Le tanaglie migliori sono di acciaio fucinato.

Trapani e *relative punte.* Sono utensili perforatori formati

di due parti: *un supporto* in parte fisso ed in parte girevole ed una *punta foratrice* che si adatta alla parte girevole del supporto. Ve ne sono di due tipi:

1° - *Trapano a manovella* (fig. 51).

2° - *Trapano ad ingranaggi* (fig. 52).

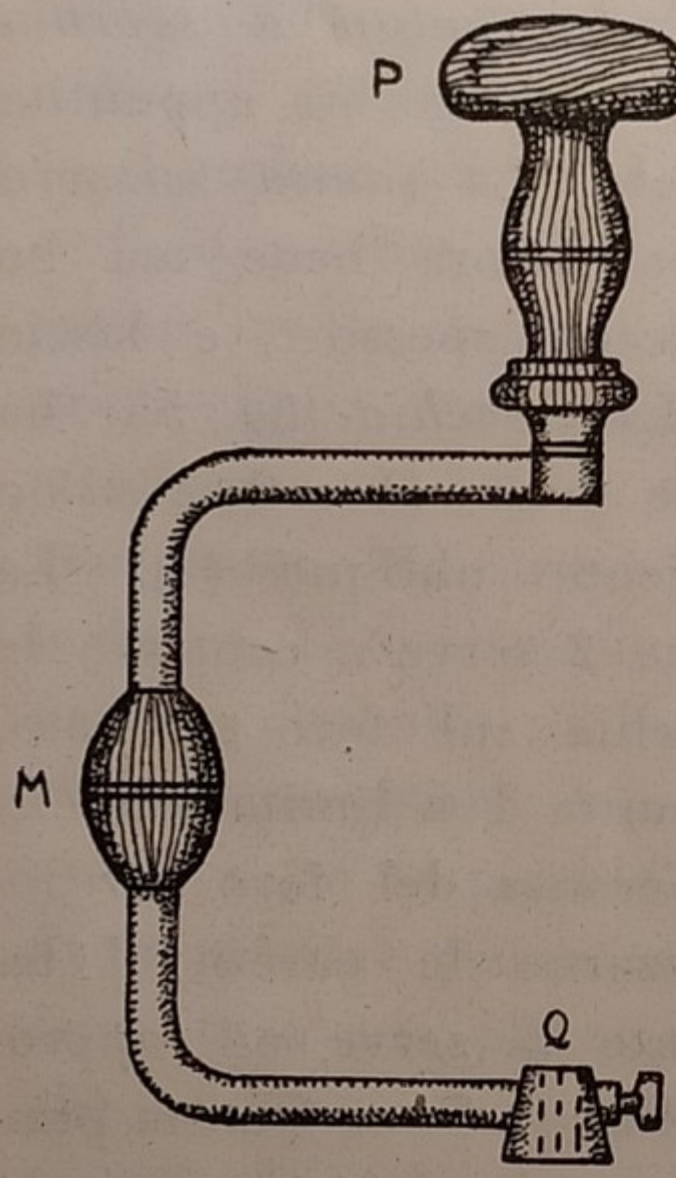


Fig. 51.

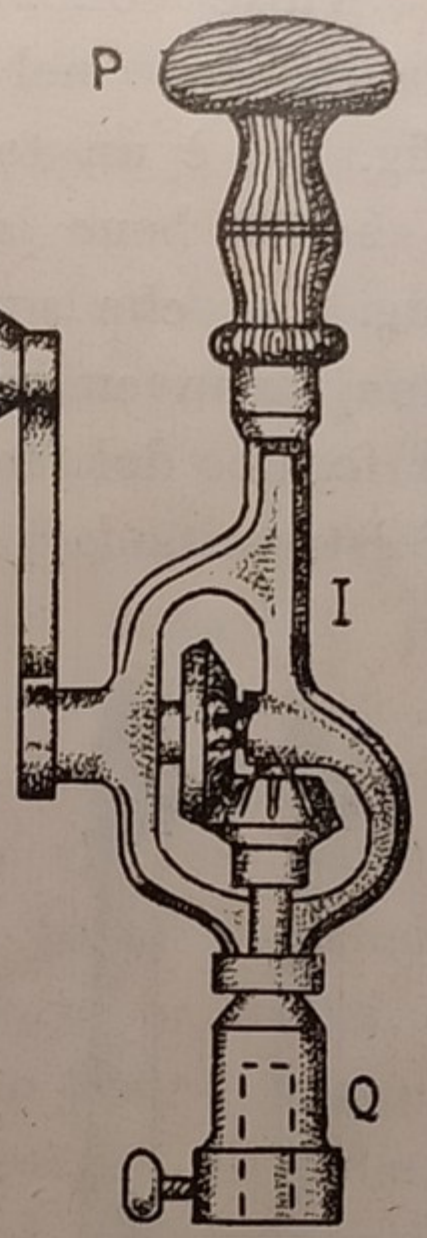


Fig. 52.

Il primo è formato di una manovella a gomito *M* imperniata ad un estremo nel pomo di legno *P* e portante all'altro estremo un portapunte *Q* munito di vite a chiavetta per il fissaggio delle punte. La manovella può girare attorno al perno infisso nel pomo. Montata la punta e poggiatane l'estremità nel centro del foro, si preme colla sinistra sul pomo e si gira colla destra la manovella. Il trapano ad ingranaggi ha il pomo *P* solidale con una incastellatura *I* di ghisa collegata in basso col portapunte *Q*. Nell'incastellatura alloggia una coppia di ruote dentate coniche, la più piccola delle quali è calettata sull'asse del portapunte e la più grande su quello della manovella a manico *M*. Nei più recenti trapani di questo tipo vi è un cambio di velocità con cui si possono ottenere due diverse velocità di rotazione.

Le punte usate per forare il legno sono di 4 specie:

1ª - *Punta a sgorbia.*

2ª - *Saetta svizzera* o *stiriana.*

3ª - *Mecchia* o *punta inglese.*

4ª - *Punte americane.*

Tutte sono dotate di codolo di forma tronco-piramidale da investire nel portapunte del trapano. La *punta a sgorbia* (fig. 53) è un tondino incavato a forma di sgorbia appuntita e serve bene solo per forare al tornio. La *saetta svizzera* (fig. 54) che somiglia ad un succhiello lavora bene ma ha due inconvenienti: spacca i pezzi di piccolo spessore e lascia il fondo del foro di forma conica. La *mecchia* (fig. 55) ha l'estremità larga e piatta munita di due punte (1 e 2) e di un tagliente obliquo (3). La punta 2 serve a centrare la mecchia sul foro tracciato, la punta 1 a limitare la circonferenza del foro e regolarizzarne le pareti, il tagliente 3 serve ad approfondire il foro. Questa punta eseguisce fori a fondo piatto, ma non sempre questi risultano diritti, perchè non è facile mantenere la punta nella giusta direzione durante il moto.

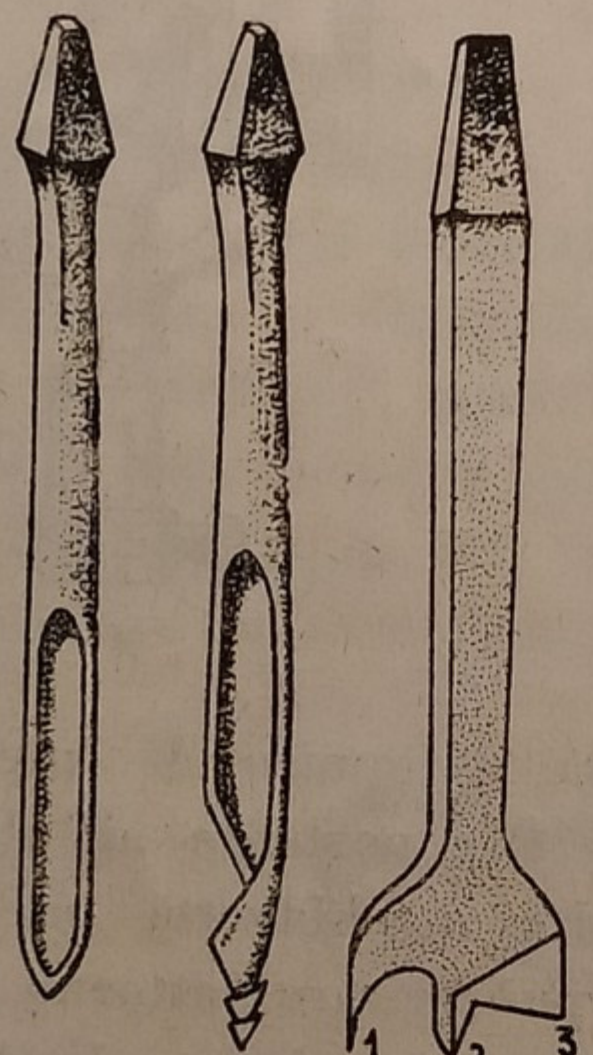


Fig. 53. Fig. 54. Fig 55.

Fig. 56.

Ad eliminare quest'ultimo inconveniente, facilitando la formazione e l'espulsione dei trucioli, è adatta la *punta americana* (fig. 56) che è sempre elicoidale e può essere *a due principi* (come in figura) o *ad un solo principio* e termina sempre con una piccola punta a vite conica. Quelle a due principi sono adatte per forare legni teneri (che danno trucioli voluminosi) e quelle ad un principio legni duri.

§ 21. · Accessori per la lavorazione del legno.

Sono: *la carta vetrata*, *la pietra pomice*, *le pietre da affilare*, *la mola da arrotare*. La *carta vetrata* è carta grossa sulla quale è attaccata con speciali adesivi della polvere di vetro di grana varia. Serve per strofinare i pezzi e lisciarne la superficie. Si trova in commercio in numeri crescenti da 0 a 4 ed è tanto più fina quanto più il numero è basso. Si usa generalmente dopo il raschiatoio. La *pietra pomice* è una pietra grigio-chiara, vulcanica, di struttura porosa e grana dura. Può strofinarsi sul legno, sia in pezzi piani che in polvere, dopo aver usato la carta vetrata, per ottenere una superficie più levigata. L' operazione si fa sempre bagnando la pietra o la polvere con olio di lino, o meglio di oliva, e serve soprattutto a preparare il legno alla verniciatura giacchè la pomice ottura tutte le piccole cavità e rende il piano (o la superficie) da verniciare più continuo. La *pietra da affilare* o *pietra di Levante* è una pietra di grana compatta e molto fina, durissima, che si usa in tavolette di 1 o 2 cm. di spessore in adatte scatole di legno. Comunemente si chiama *pietra ad olio* perchè si usa spalmata di questa sostanza. Essa serve per *togliere il riccio* agli utensili affilati sulla mola, quando detti utensili hanno il tagliente rettilineo (scalpelli, bedani, ferri da pialla ecc.). Se invece gli utensili hanno il tagliente curvo (sgorbie, coltelli da scorniciare ecc.) si ricorre all' uso di pietre artificiali *(pietre d' India)*, a base di smeriglio e di altre sostanze abrasive, aventi forme adatte (prismatiche, coniche, cilindriche). La *mola da arrotare* è un disco di grès, pietra arenaria granulare, dura e porosa, di vari colori, che può mettersi in rapida rotazione attorno ad un asse orizzontale, mediante una manovella a mano, un tirante a pedale o una puleggia mossa da cinghia. Essa è sostenuta da un supporto a quattro gambe, terminante superiormente a vasca e rimane nascosta per $^3/_4$ del suo volume dalla vasca (piena d' acqua) in cui è immersa e da un cappuccio che la ricopre nella parte superiore e poste-

riore. Il cappuccio è sormontato da un piccolo serbatoio a rubinetto contenente acqua od altro liquido refrigerante che si fa cadere in getto sulla mola. La vasca è inoltre provvista nel bordo anteriore di una tavoletta mobile a cui si appoggia l'utensile per tenerlo fermo durante l'affilatura. Per eseguire l'affilatura basta tenere a contatto colla mola, a pressione moderata, la faccia dell'utensile che si desidera affilare, mantenendola colla necessaria inclinazione. Gli utensili a taglienti curvi vengono affilati anzichè sulla mola di grès sopra una mola a smeriglio. Quando la mola ha perduto il taglio si ravviva colla *martellina* che è una specie di martello munito di piccoli denti d'acciaio, con cui si fanno saltare i grani consumati per scoprire quelli a spigoli vivi. Questa operazione va eseguita in modo da non guastare la forma della mola, cosa che si riscontra facendo girare la mola a contatto col bordo di una riga tenuta parallela all'asse di rotazione.

§ 22. - Strumenti di misura, tracciamento e controllo.

Sono sette:

1° - *il metro*;
2° - *la riga*;
3° - *la squadra*;
4° - *il graffietto*;
5° - *il compasso*;
6° - *la livella a bolla d'aria*;
7° - *il piombino*.

Il ***metro***, snodato od a nastro, serve per misurare e riportare lunghezze sui pezzi da lavorare.

La ***riga*** è un regolo di legno duro, piatto, con o senza graduazioni, che si usa per tracciare linee rette e per controllare superfici piane lavorate. La *squadra*, con o senza graduazione, è uno strumento che serve per misurare, tracciare o riportare angoli. Può essere *fissa* o *mobile*. Quest'ultima si chiama *falsa squadra* ed è di ampiezza variabile perchè uno

dei bracci è fissato a snodo nell' altro, mediante un perno, e può stringersi con vite a galletto nella posizione desiderata. Di squadre fisse vi sono: quelle *rette* (a 90°), quelle a 45°, 60°, 30° e 120°. Le prime (fig. 58) sono generalmente formate di un braccio, d' acciaio o di duralluminio, graduato e di uno

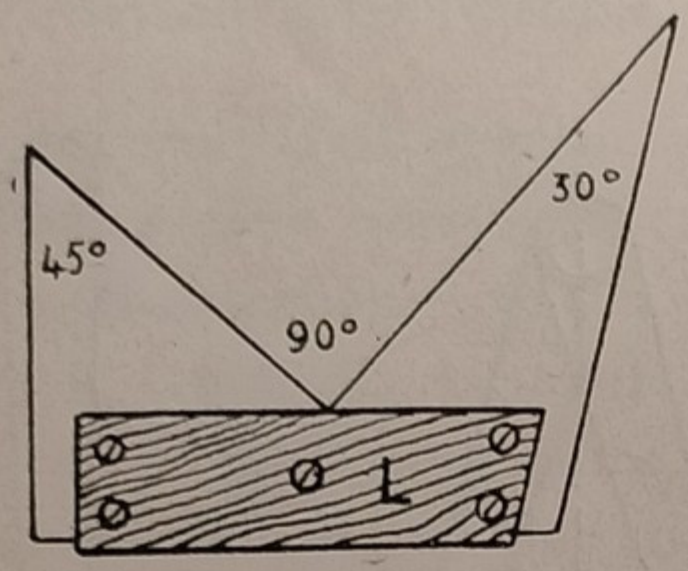


Fig. 57.

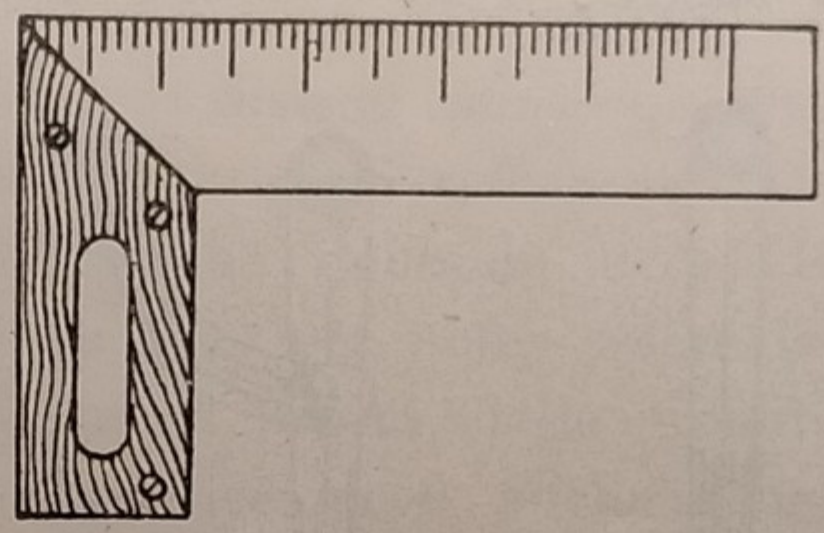


Fig. 58.

di legno. Vi è poi la squadra fissa *ad unghia* (fig. 57) che fornisce tre angoli: 30° 45° e 90°.

Il ***graffietto*** è uno strumento di legno e metallo munito di una punta *(segnatoio)* per tracciare linee parallele a spigoli vivi di un pezzo da lavorare. Ve ne sono di due tipi: *semplici* (che permettono solo il tracciamento di rette) ed *universali* (per tracciare rette e curve). Un esemplare di quest' ultimo tipo è rappresentato dalla fig. 59. E' costituito di un regolo

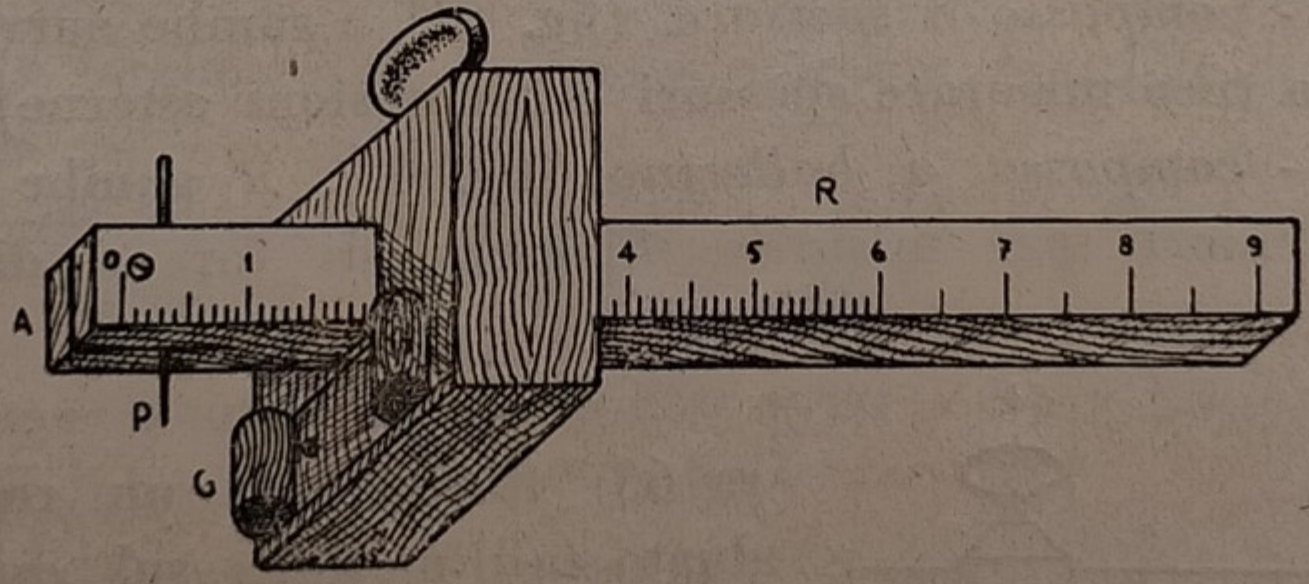


Fig. 59.

graduato *R (scorrevole)* alla cui estremità è praticata una feritoia longitudinale, in cui può introdursi e fissarsi il *segnatoio P*. Il regolo può scorrere dentro un blocchetto *C (fisso)* portante sul davanti, sotto lo scorrevole, due *guide* cilindriche *G* ad

assi verticali e paralleli. Fissata la punta del segnatoio alla necessaria altezza e fatto sporgere lo scorrevole dal fisso della quantità occorrente, si fa scorrere il graffietto mediante le guide lungo lo spigolo a cui si vuol tracciare la parallela. La forma speciale delle guide permette di tracciare linee parallele a spigoli diritti o curvi. Il *compasso* può essere di 4 specie:

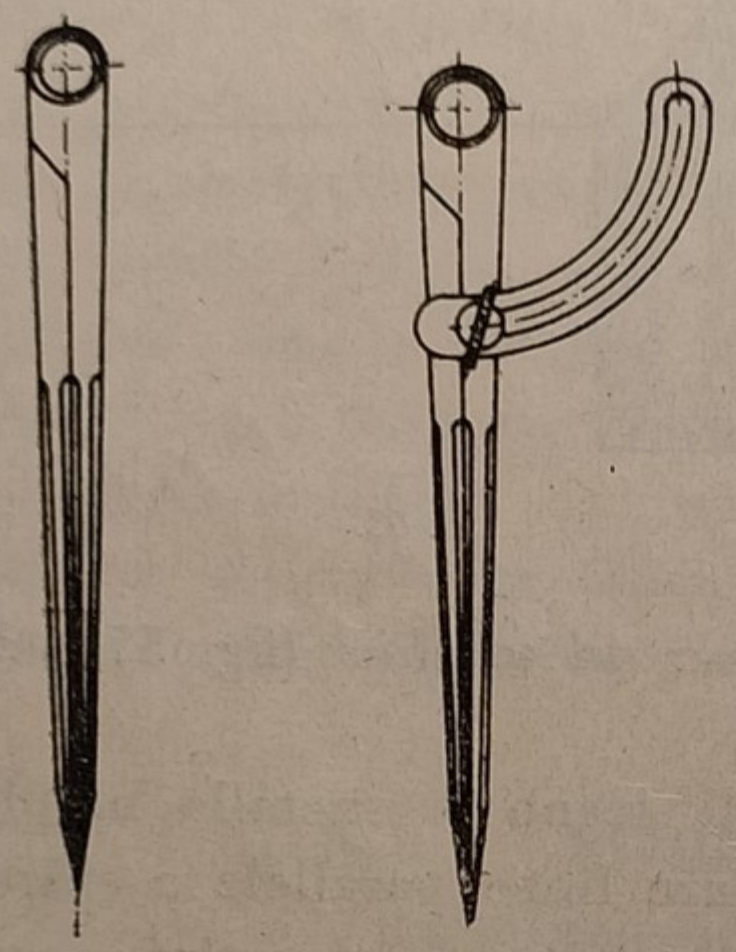


Fig. 60.

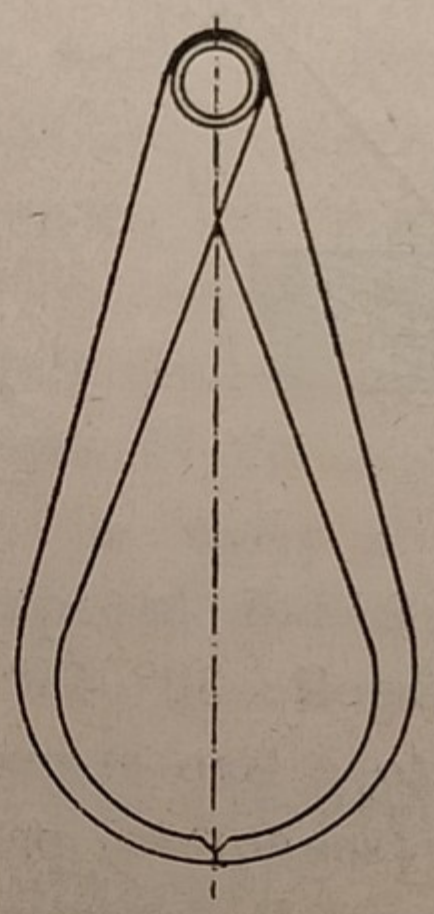


Fig. 61.

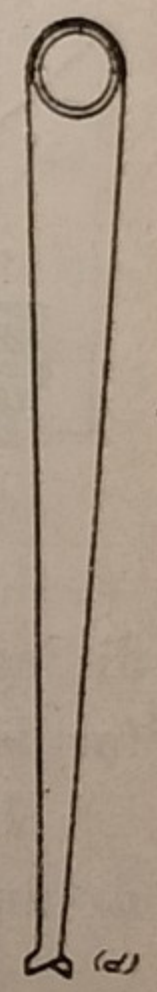


Fig. 62.

1° - *compasso a punte fisse* (per tracciare circoli e riportare lunghezze sui pezzi), (fig. 60);

2° - *compasso a spessore*, (fig. 61), a gambe curve e punte in dentro (per misurare spessori e dimensioni esterne);

3° - *compasso a ballerino*, (fig. 62), a gambe diritte e piedi in fuori (per misurare diametri di fori e dimensioni interne);

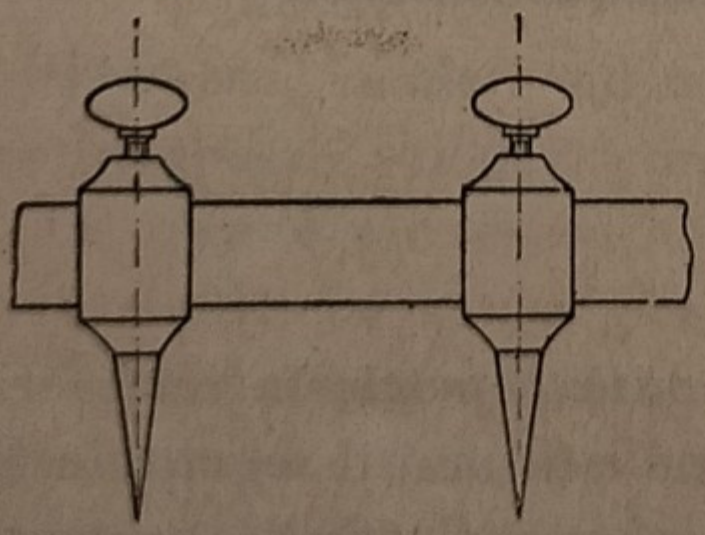


Fig. 63.

4° - *compasso a verga*, (figura 63) formato di un regolo graduato millimetrato sul quale scorrono due corsoi, uno portante la *punta-centro* e l'altro la *punta da tracciare*. Serve per disegnare sul pezzo circonferenze di grande raggio.

§ 23. - Norme per misurare, tracciare e lavorare.

Quando il falegname deve eseguire un lavoro, ha per guida un disegno in piccola scala $\left(\frac{1}{100} \text{ o } \frac{1}{50}\right)$ dell' oggetto da costruire ed altri disegni, in scala più grande $\left(\frac{1}{10'}\ \frac{1}{5'}\ \frac{1}{1}\right)$ dei *particolari* dell' oggetto stesso. Tutti i disegni sono quotati, ossia recano scritte le misure dei vari pezzi raffigurati. Da esse il falegname ricava le dimensioni che debbono avere le travi, i murali, i tavoloni, le tavole ecc. per poter essere lavorati e finiti su misura. Oltre a fare la scelta della qualità del legno adatta per il lavoro, l' artefice deve anche saper misurare i legnami commerciali per calcolarne il volume e quindi preventivare la spesa per l' acquisto.

Se si tratta di tavole o tavoloni, e in genere di pezzi regolari, il volume V in m^3 è dato dal prodotto della sezione S in m^2 per la la lunghezza L in m. Così, per es., una tavola di 2 cm. di spessore, di 30 cm. di larghezza e di 4 m. di lunghezza, ha la sezione $S = 0{,}02 \times 0{,}30 = m^2\ 0{,}006$ ed il volume $V = S \times L = m^2\ 0{,}006 \times m.\ 4 = m^3\ 0{,}024$.

Se invece si tratta di travi semplicemente smussate, per tener conto della diminuzione della sezione rettangolare dovuta agli smussi, si considera la lunghezza come multiplo di 25 cm., la larghezza e lo spessore come multipli di 3 cm. e si trascura ciò che avanza.

Così una trave smussata di m. 8,70 di lunghezza, larga 32 cm. e spessa 28 cm. si calcola così:

$$\text{lunghezza} = 870 \text{ cm.} = 850 + 20 = 34 \times 25 + 20$$

(trascurando 20 si ha $L = $ m. 8,50)

$$\text{larghezza} = 32 \text{ cm.} = 30 + 2 = 10 \times 3 + 2$$

(trascurando 2 si ha $l = $ cm. 30 $=$ m. 0,30)

$$\text{spessore} = 28 \text{ cm.} = 27 + 1 = 9 \times 3 + 1$$

(trascurando 1 si ha $s = $ cm. 27 $=$ m. 0,27)

e quindi il volume risulta

$$0{,}27 \times 0{,}30 \times 8{,}50 = m^2\ 0{,}081 \times m.\ 8{,}50 = m^3\ 0{,}6885.$$

Provvisti i pezzi di legno occorrenti per l' esecuzione del lavoro, il falegname deve ridurli alle dimensioni esatte che debbono avere e poi collegarli tra loro come indica il disegno. Tale operazione non è possibile se non si è prima fatto il *tracciamento. Questo consiste nel segnare su ciascun pezzo le linee che debbono limitarne la lavorazione in ciascun senso* (lunghezza, larghezza e spessore o profondità) *e viene eseguito, avendo come base una faccia spianata del pezzo, mediante il graffietto, la riga, le squadre e i compassi.* Bisogna naturalmente applicare le regole del disegno geometrico e non trascurare di tracciare gli assi di simmetria quando è necessario, giacchè *gli assi stessi servono, oltre che a garantire la perfezione del tracciamento e la sua verifica, anche a riportarvi sopra e lateralmente le misure occorrenti per il tracciamento.*

Generalmente il lavoro di tracciamento si compie in due fasi. Nella prima fase (fig. 64) si eseguisce il tracciamento per ridurre il pezzo alle dimensioni del disegno. Ciò si ottiene segnando sul pezzo le tracce dei piani limitanti la lunghezza, la larghezza e lo spessore (6 piani in tutto). Nella seconda fase si eseguisce il tracciamento dell' organo di collegamento (nel nostro caso incastro maschio a coda di rondine) del pezzo col pezzo a cui deve accoppiarsi (fig. 65). In questo disegno è bene tracciare gli assi di simmetria *m*, *n*, *p* (tratto e punto in figura). La figura 66 rappresenta il pezzo ultimato.

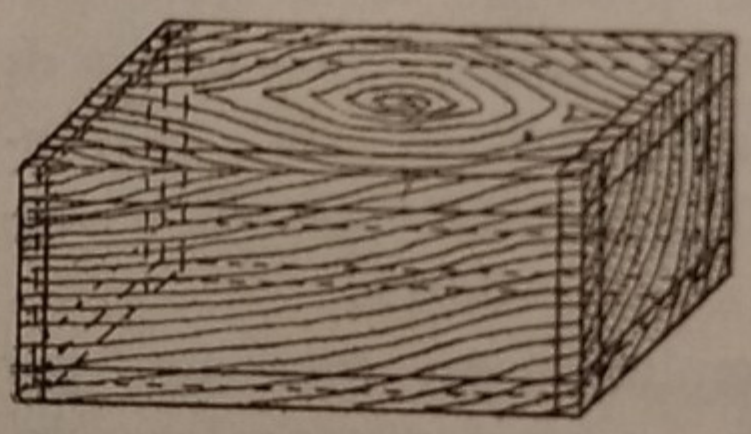


Fig. 64.

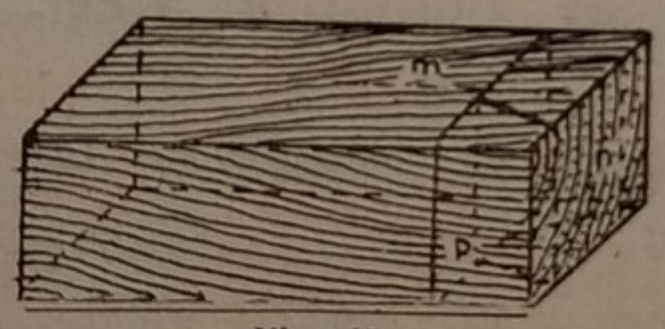


Fig. 65.

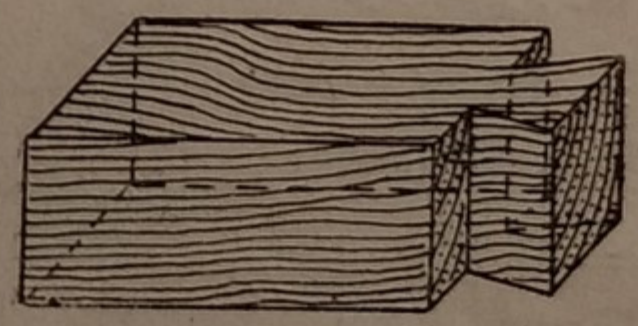


Fig. 66.

E' superfluo dire che il tracciamento deve essere fatto in modo che si abbia il minimo scarto di legname.

Dall' esempio fatto si vede che

ad ogni fase di tracciamento segue una fase di lavorazione. Se il lavoro da eseguire è un mobile, bisogna in esso distinguere la *intelaiatura* od *ossatura* dai *pannelli*. L'*intelaiatura* è il complesso dei pezzi che costituiscono la parte portante e resistente del mobile, mentre i *pannelli* sono le superfici più o meno sottili, che collegano tra loro le parti contigue dell'ossatura, ossia riempiono il vuoto lasciato dai diversi telai. *L'ossatura deve essere costruita in modo da deformarsi il meno possibile dopo la messa in opera; i pannelli debbono invece poter dilatarsi e restringersi liberamente alle variazioni di temperatura e per questa ragione non possono essere fissati rigidamente che in due soli lati contigui.* I pezzi costituenti l'ossatura vanno numerati nell'ordine in cui debbono essere collegati nel montaggio, tenendo presente il senso del collegamento e le facce che debbono risultare interne od esterne. Ogni pezzo deve essere *aggiustato*, ossia spianato, ridotto allo spessore, alla larghezza ed alla lunghezza definitivi. Si passa quindi al tracciamento ed all'esecuzione degli incastri, dei battenti ecc. e finalmente si eseguiscono le opere di finitura ed il montaggio.

Nella lavorazione dei pezzi bisogna sempre piallare il legno nel senso di sviluppo delle fibre, perchè nel senso contrario o trasversale il legname si scheggia facilmente. Tuttavia ciò non è sempre possibile, perchè nelle parti terminali *(testate)* di ciascun pezzo bisogna per forza eseguire la piallatura trasversale. Tale piallatura va eseguita con la massima cura ed usando coltelli molto affilati. Il controllo delle superfici piane si eseguisce facendovi scorrere sopra la riga o lo spigolo di una squadra, come si fa nell'aggiustaggio dei metalli e gli angoli diedri si riscontrano con squadre adatte. I ritocchi si fanno col pialletto o con le raspe, come meglio conviene per la natura e la posizione del pezzo lavorato.

§ 24. - Collegamenti dei legnami.

I diversi organi di una struttura in legno debbono essere congiunti tra loro in modo stabile per impedire lo spostamento relativo delle parti e garantire la resistenza meccanica parziale e totale della costruzione nell' uso a cui è destinata. Queste unioni prendono il nome generico di **collegamenti** e si distinguono in **giunture** e **connessioni**. Le **giunture** *sono quelle unioni che servono ad allungare od allargare un pezzo* e quindi si fanno *ad assi coincidenti* **(giunture di testa)** o ad *assi paralleli* **(giunture di fianco).** Le **connessioni** *sono le unioni di due pezzi ad assi concorrenti.* In entrambi i casi i pezzi da collegarsi debbono essere muniti di sporgenze e rientranze accoppiabili che diconsi **incastri** o **calettature** e si distinguono in **incastro maschio** o **dente** (sporgenza) e **incastro femmina** o **mortisa** (rientranza). *Le principali* **giunture di testa** *sono sette :*

1ª - *Giuntura a denti o tenoni retti* (fig. 67) in cui i pezzi P e Q hanno ciascuno un dente di spessore uguale ad $\frac{1}{2}$ dello spessore comune dei pezzi ed una lunghezza non minore del doppio del loro spessore.

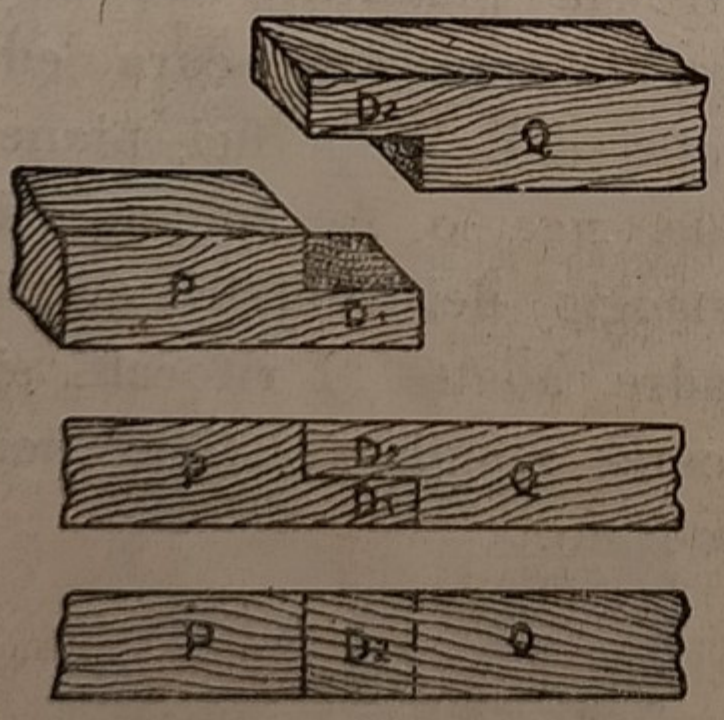


Fig. 67.

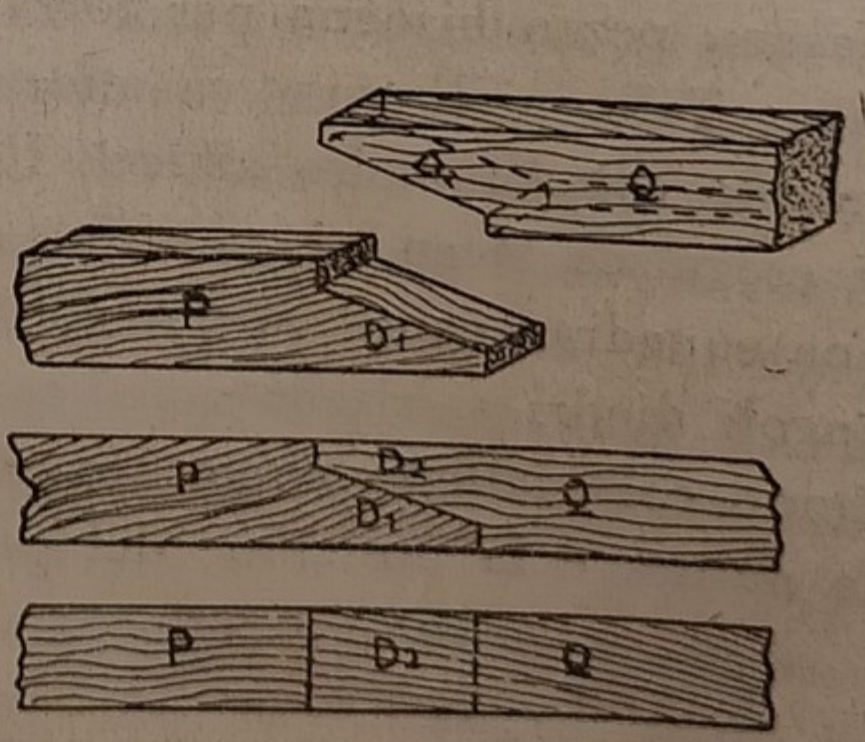


Fig. 68.

2ª - *Giuntura a denti inclinati o ad unghie* (fig. 68).

in cui lo spessore minimo delle unghie è $\frac{1}{4}$ di quella dei pezzi e la loro lunghezza in pianta è almeno una volta e mezzo lo spessore dei pezzi.

3ª - *Giuntura a coda di rondine* (fig. 69) in cui tanto il *dente D* che la *mortisa M* sono tagliati a coda di rondine

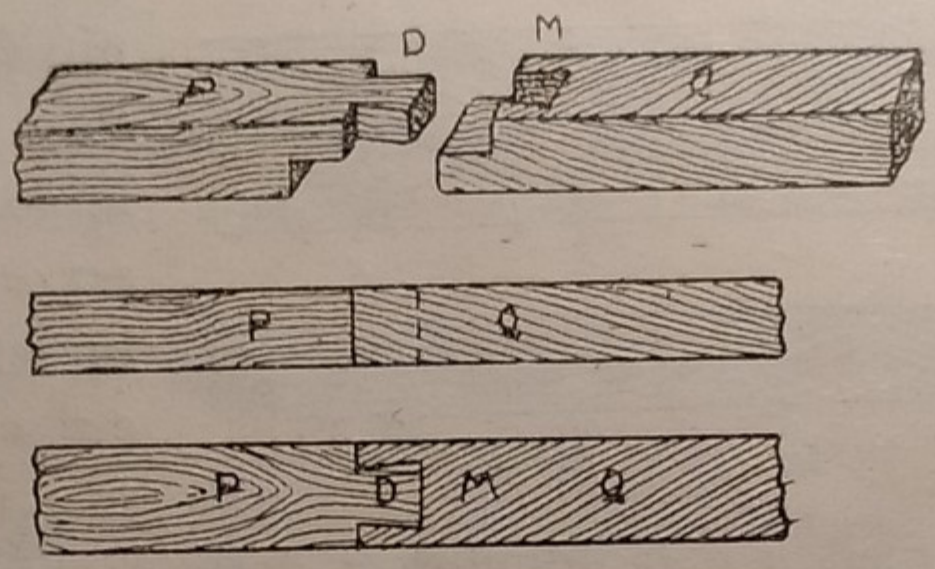


Fig. 69.

con gradino d'appoggio ed hanno spessore uguale a metà dello spessore dei pezzi. La larghezza degli incastri alla testa si tiene di $\frac{3}{4}$ o $\frac{2}{3}$ e quella alla radice di $\frac{1}{2}$ della larghezza dei pezzi.

4ª - *Giuntura a doppia coda di rondine* (fig. 70) in cui tanto il pezzo *P* che il pezzo *Q* hanno un dente ed una mortisa a coda di rondine e lo spessore degli incastri è metà di quello dei pezzi. Il maschio e la femmina sono separati da un intervallo quadrato.

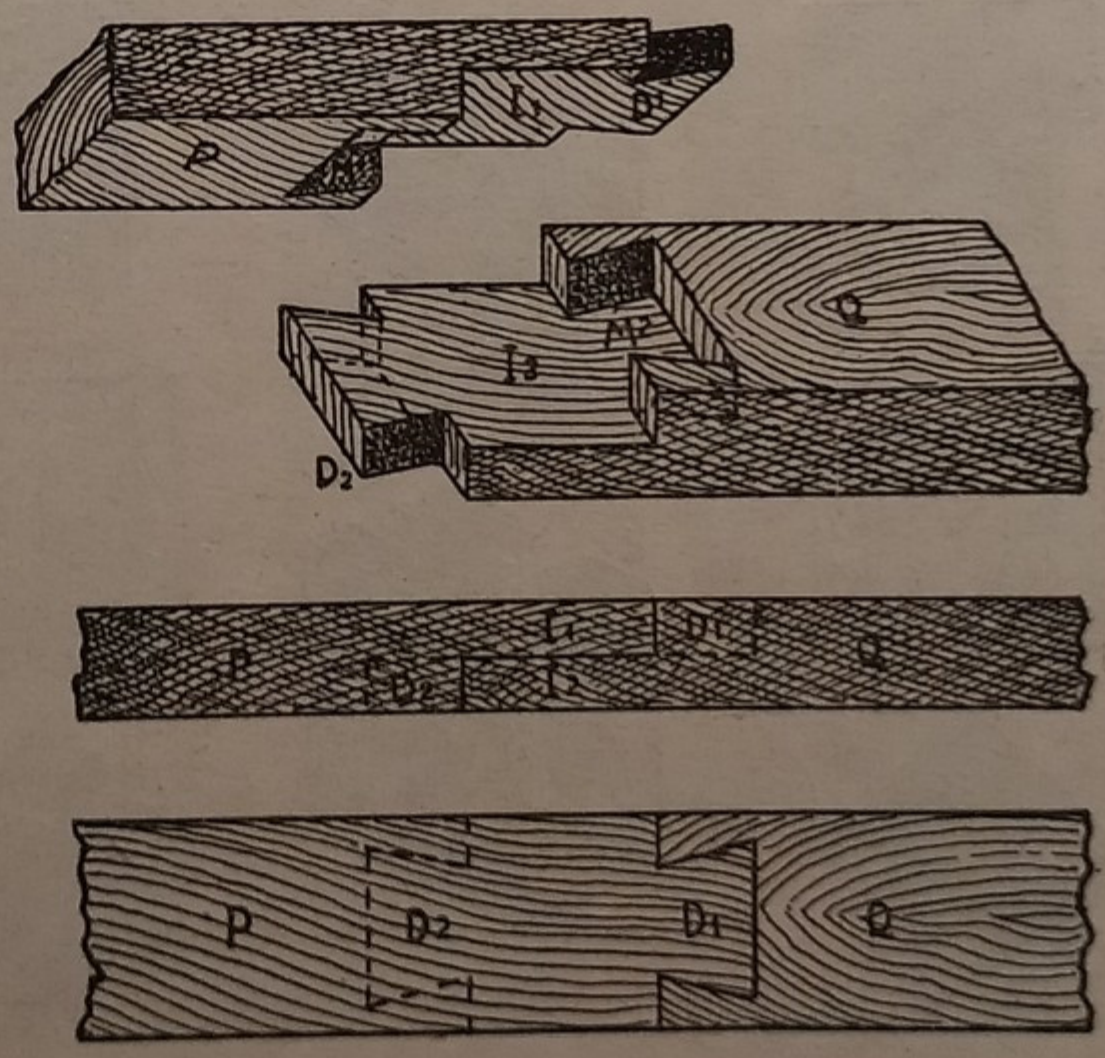


Fig. 70.

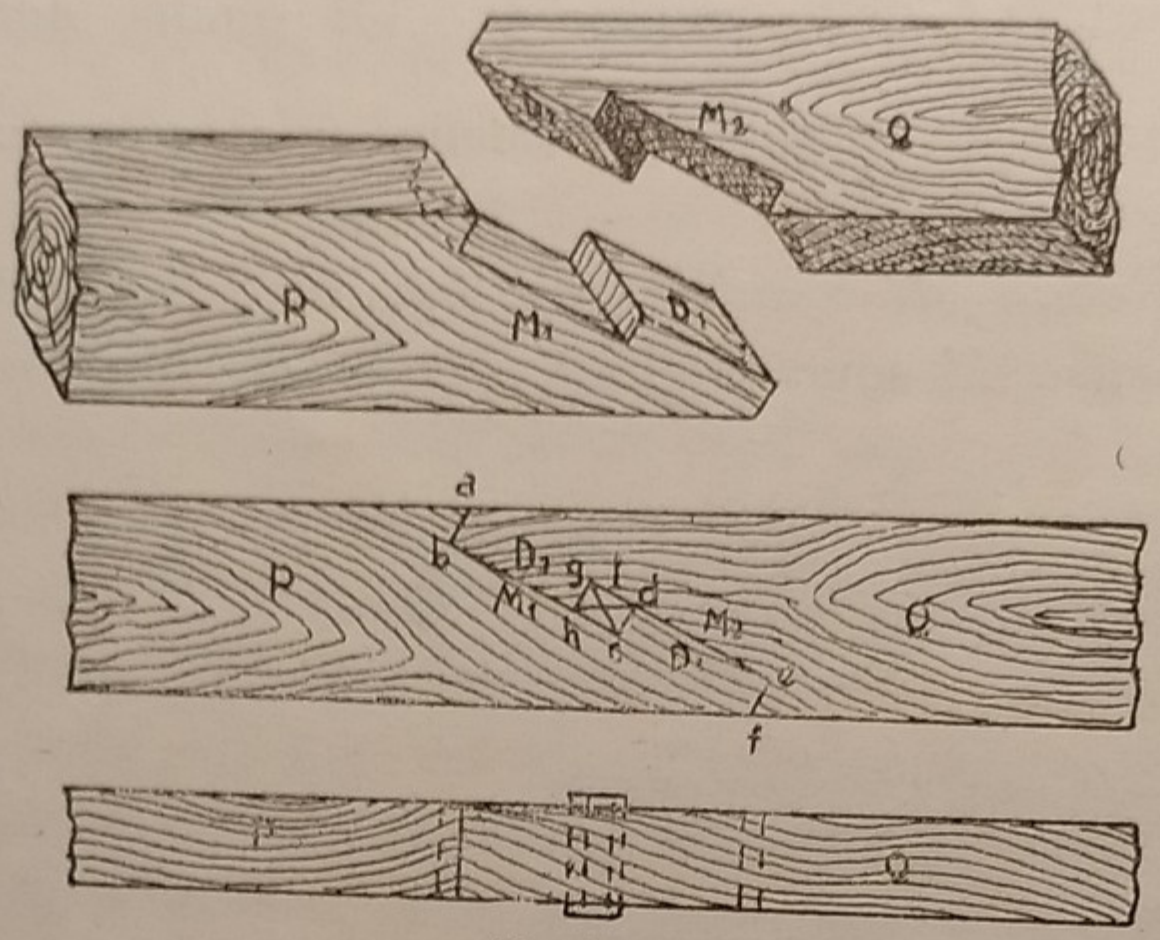


Fig. 71.

5ª - *Giuntura a saetta con listello nascosto* (fig. 71) in cui P e Q presentano entrambi un dente ed una mortisa, ma il dente è più corto della mortisa di quanto è largo il listello l che serve a serrare gli incastri. I piani b c e d e debbono passare rispettivamente per gli spigoli f ed a e la lunghezza della giuntura in pianta deve essere tripla dello spessore dei pezzi.

6ª - *Giuntura a croce* (fig. 72) in cui la lunghezza del dente cruciforme D e la profondità della mortisa M debbono essere uguali alla massima dimensione della sezione dei due pezzi. Inoltre lo spessore dei bracci del dente e della mortisa

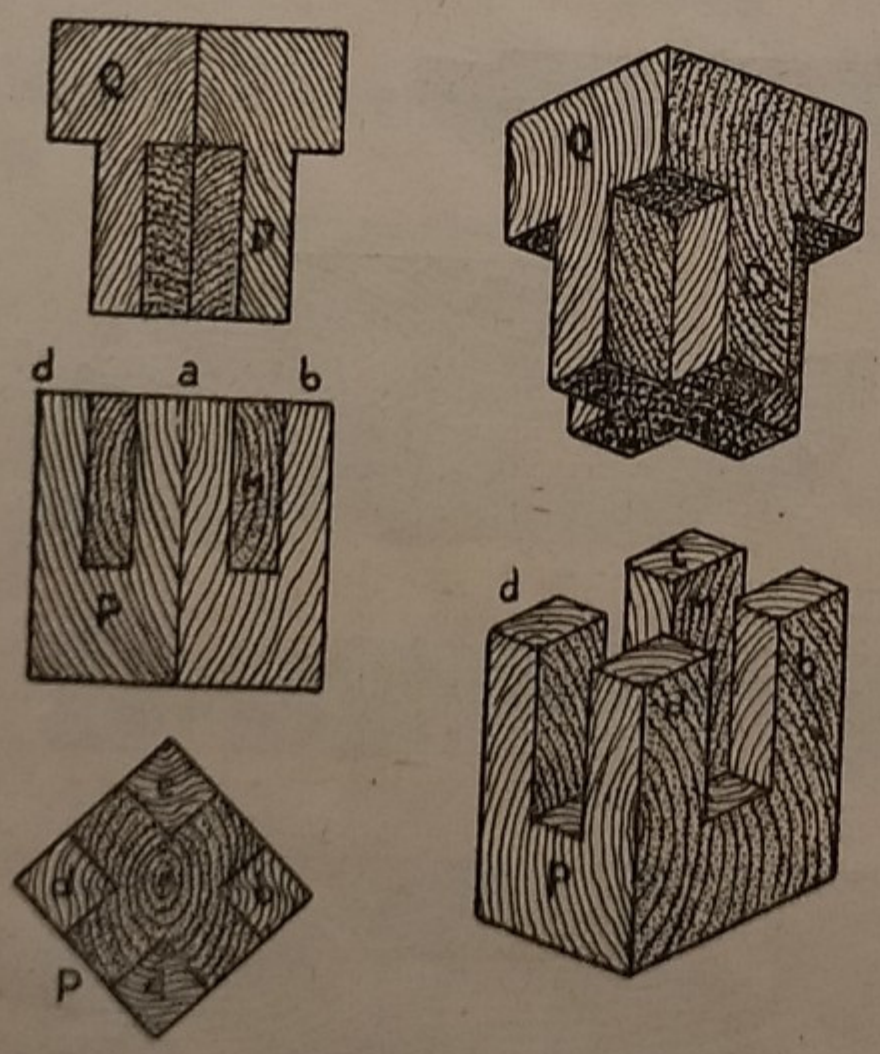


Fig. 72.

Fig. 73,

deve essere un terzo della larghezza del pezzo su ciascuna faccia.

7ª - *Giuntura a maschio capriolato* (fig. 73) in cui il dente *D* è tagliato a diedro retto convesso e la mortisa *M* a diedro retto concavo. Le dimensioni si stabiliscono come nel caso precedente. La giuntura è più facile ad eseguirsi, ma meno robusta.

I primi cinque tipi di giunture sono adatti per pezzi che debbono avere il piano d'appoggio orizzontale; gli ultimi due si usano soprattutto quando i pezzi sono disposti ad asse verticale.

Le **giunture di fianco,** *che si usano per collegare tavole o tavoloni per formare piani o pavimenti* sono tre:

1ª - *Giuntura a battente o ugnatura* (fig. 74) - larghezza del battente uguale o maggiore dello spessore delle tavole.

2ª - *Giuntura a maschio e femmina (o a linguetta e scanalatura)* (fig. 75) - spessore e larghezza della linguetta *l* e della scanalatura *s* uguali ad un terzo dello spessore delle tavole.

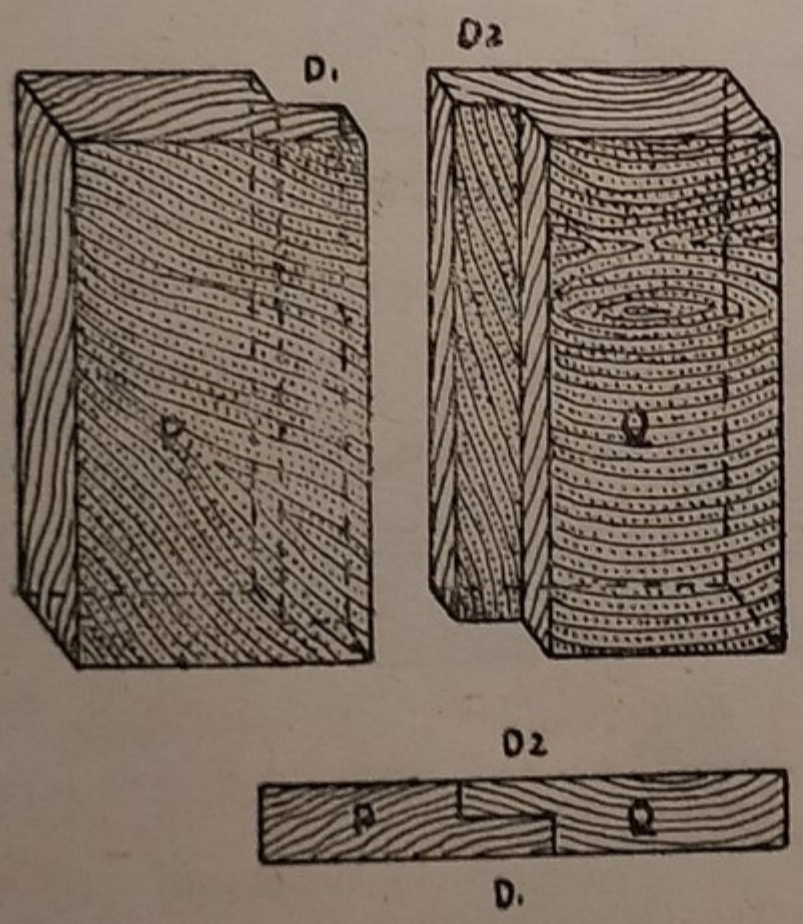


Fig. 74

3ª - *Giuntura a listello nascosto* - differisce dalla precedente perchè i pezzi hanno due scanalature uguali affacciate riempite entrambe dal listello. La profondità delle scanalature è metà della larghezza del listello e lo spessore

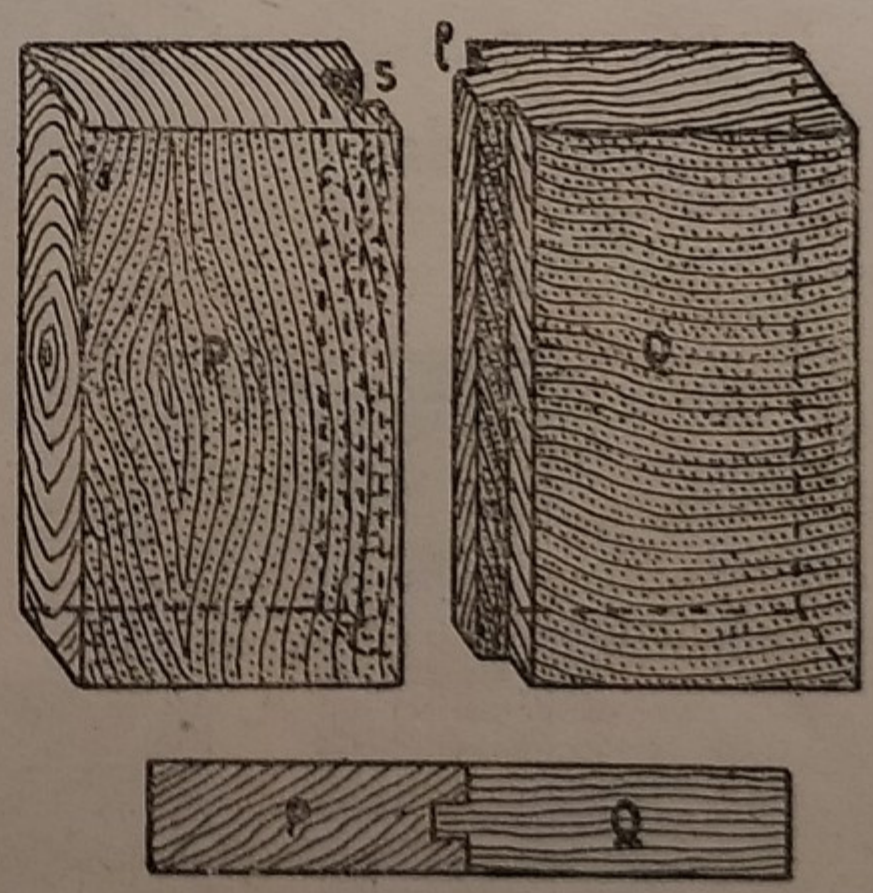


Fig. 75

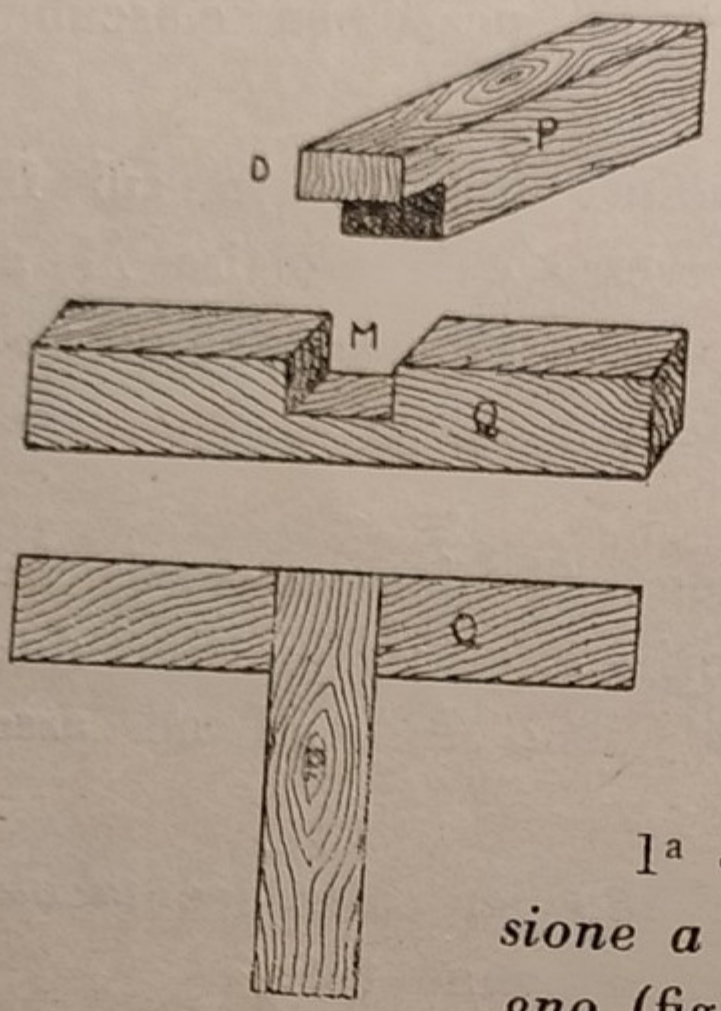


Fig. 76.

di esse e del listello $\frac{1}{3}$ dello spessore delle tavole.

Le **connessioni** *sono di svariatissimi tipi ma i più comuni si riducono ad otto:*

1ª - *Connessione a metà legno* (fig. 76).

2ª - *Connessione a linguetta* (fig. 77).

3ª - *Connessione a coda di rondine* (differisce da quella a metà legno solo per la forma del dente e della mortisa che è a coda di rondine).

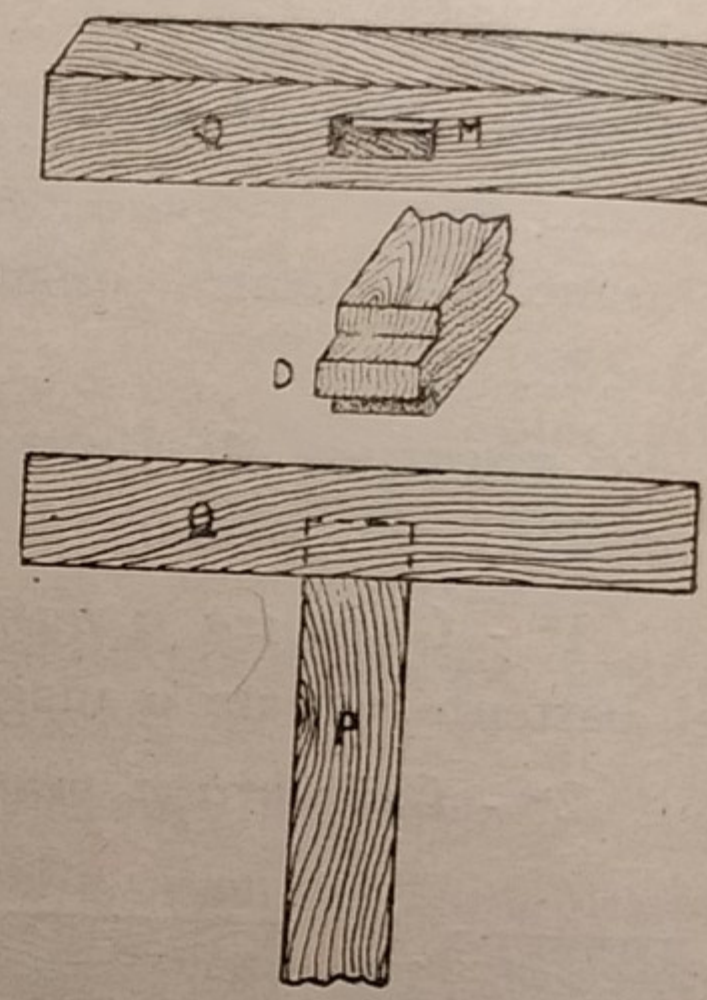


Fig. 77.

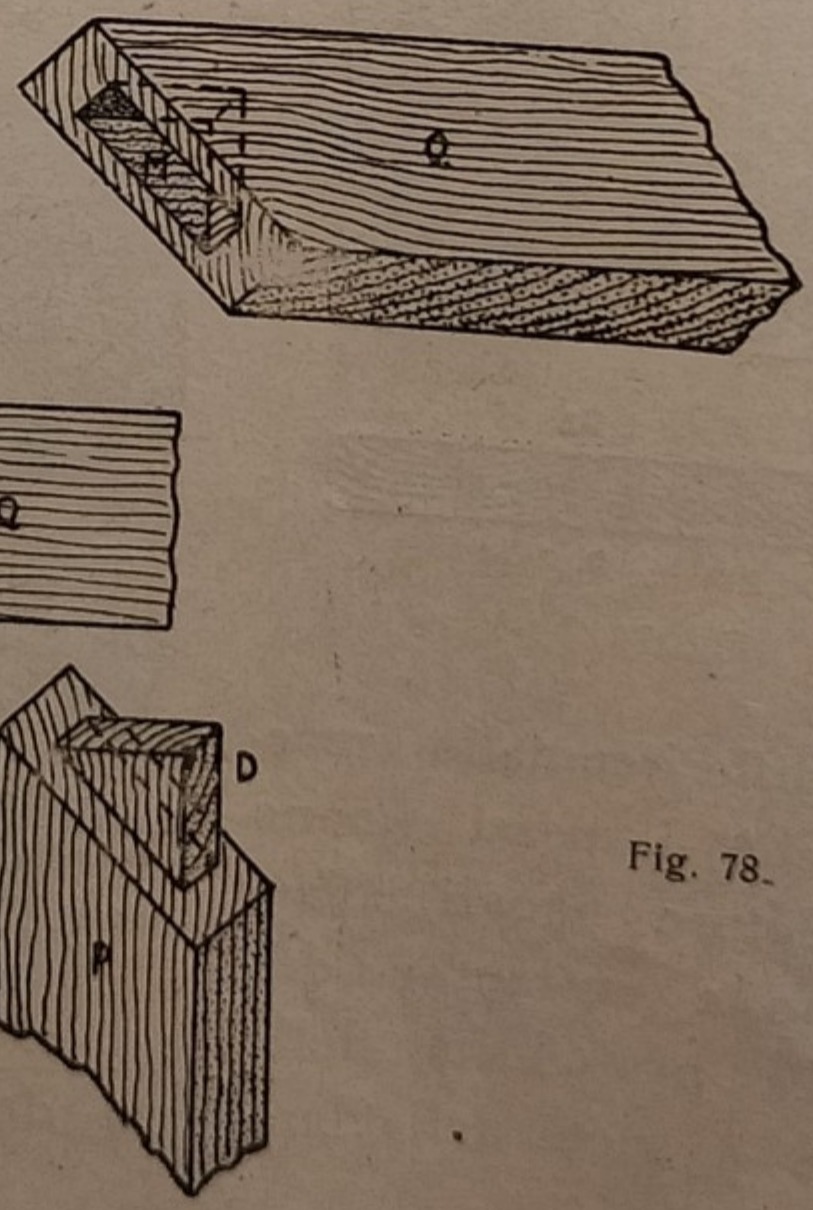


Fig. 78.

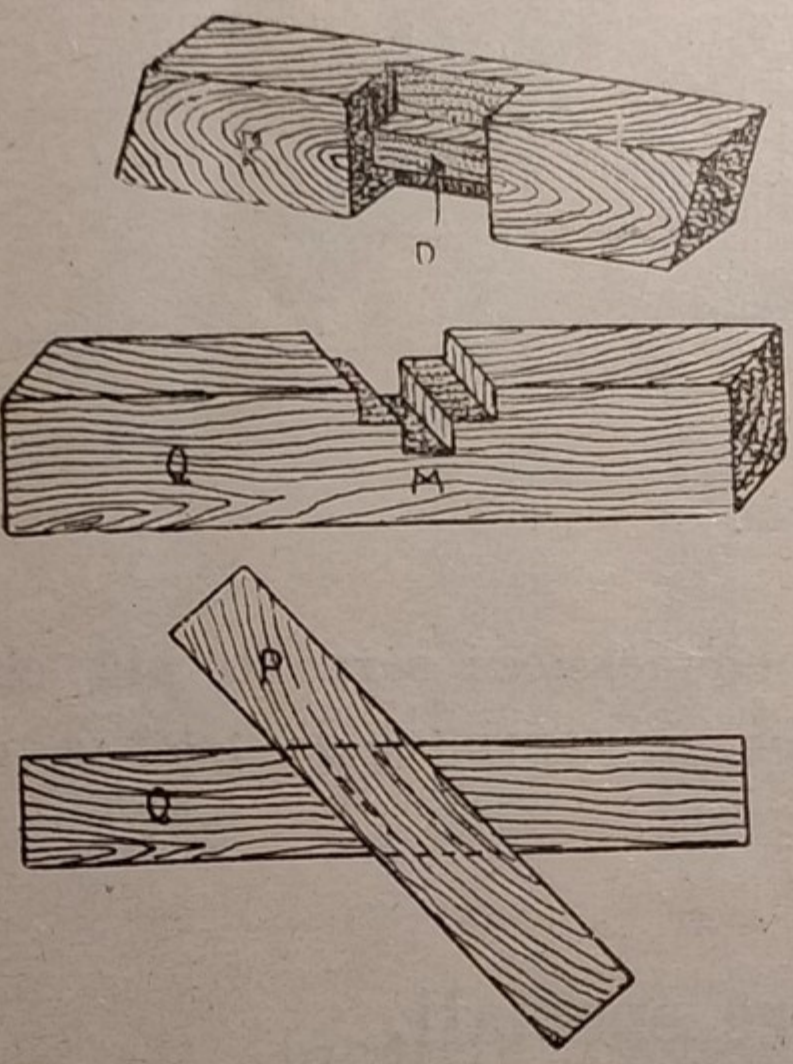


Fig. 79.

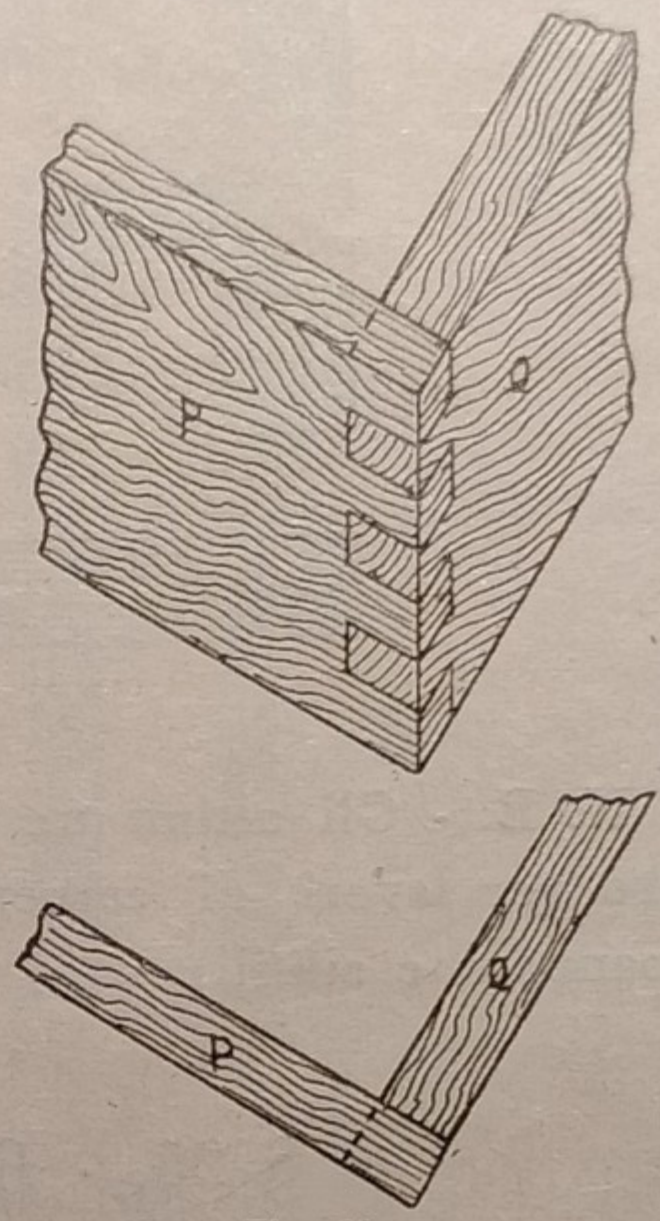


Fig. 80.

4ª - *Connessione retta a linguetta* (fig. 78).

5ª - *Connessione retta merlata* (fig. 80) che può essere a denti diritti o a coda di rondine, scoperti o coperti.

6ª - *Connessione obliqua a dente nascosto* (fig. 79).

7ª - *Connessione angolare a cuneo semplice* (fig. 81).

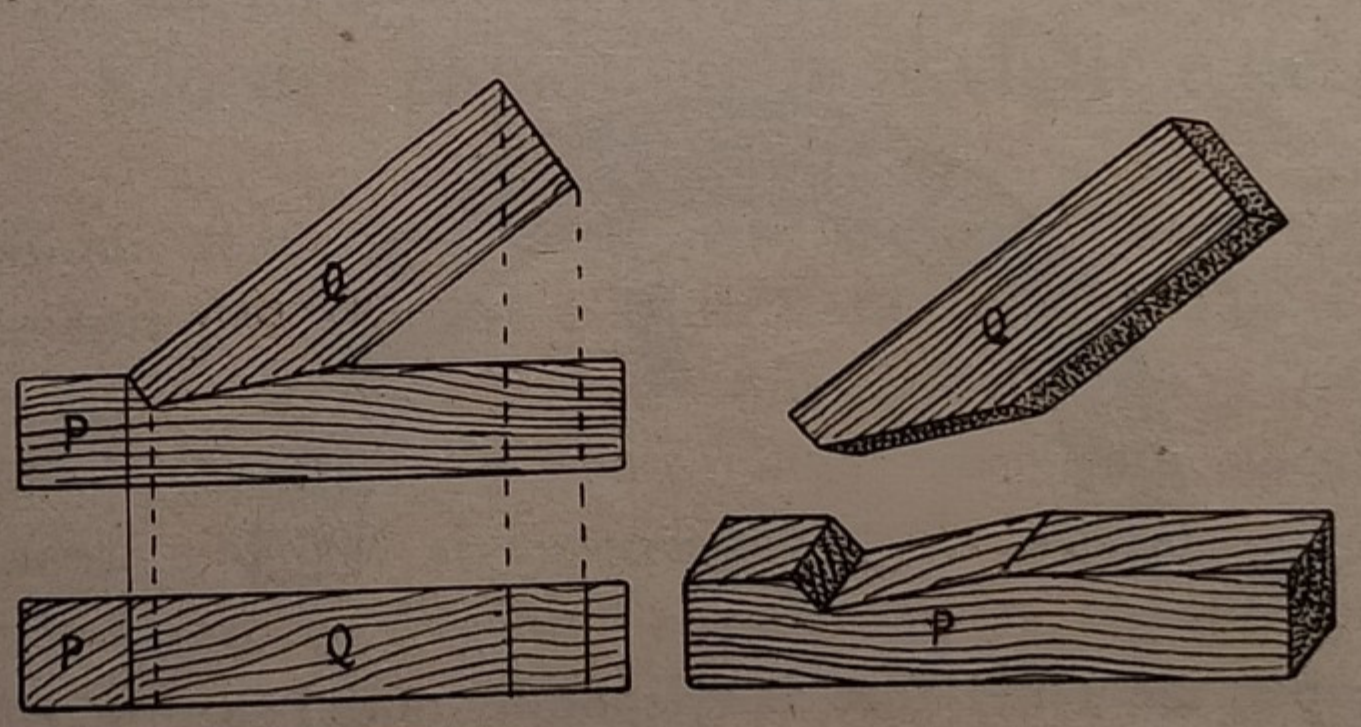


Fig. 81.

8ª . *Connessione angolare a cuneo nascosto* (fig. 82).

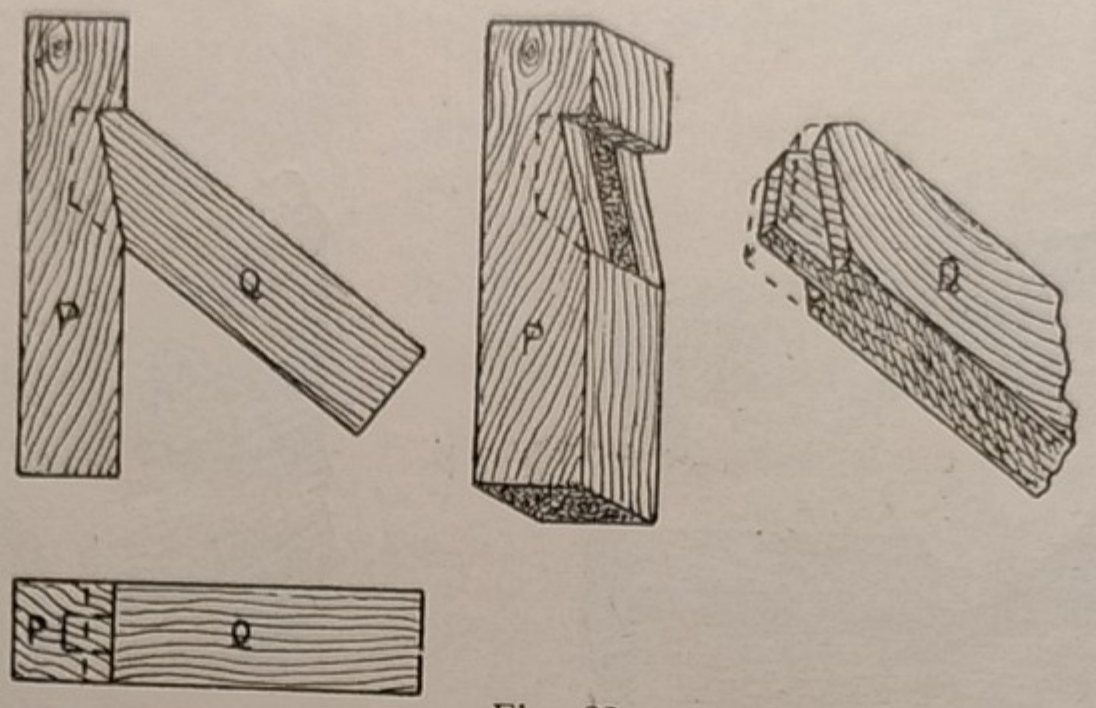


Fig. 82.

N. B. - Gli ultimi tre tipi di connessioni servono più che altro per lavori di carpenteria (ponti, capriate di tetti e di capannoni e simili).

§ 25. - Giunture speciali.

Sono quelle con cui si collegano pezzi ricurvi o si uniscono i pannelli coi telai di un' ossatura in legno.

Il primo tipo di giuntura capita quando si debbono costruire *centine* o *cornici*. Allora (fig. 83) si preparano dei settori di legno *s* aventi lo stesso raggio di curvatura e le stesse dimensioni e si uniscono di testa mediante *cavicchi* o *chiavi c* di legno duro conficcati per metà in un foro di un

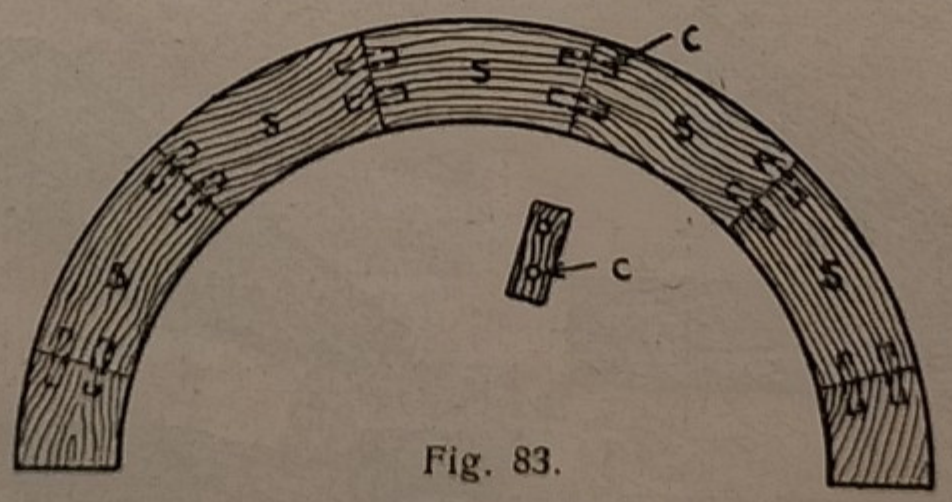
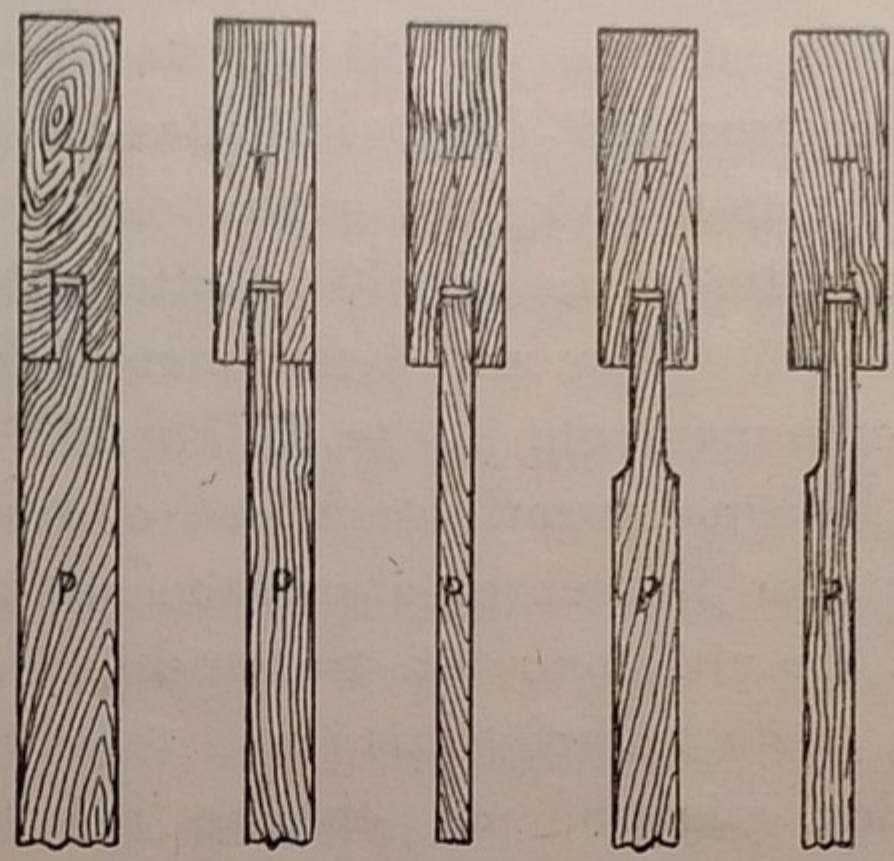


Fig. 83.

settore e per metà nel foro corrispondente del settore contiguo. La giuntura può anche farsi con incastri a linguetta nascosta.

L' unione dei telai coi pannelli può ottenersi con quattro tipi di giuntura :

1ª - *Giuntura a doppio piano* (fig. 84).
2ª - *Giuntura a piano e specchio* (fig. 85).



Figg. 84. 85. 86. 87. 88.

3ª - *Giuntura a doppio specchio* (fig. 86).
4ª - *Giuntura a specchio con semplice o doppia scorniciatura* (figg. 87 e 88).

Nelle figure *T* indica il telaio, *P* il pannello. La giuntura è sempre a linguetta, ma questa si lascia distaccata dal fondo della scanalatura del telaio per permettere la libera dilatazione del pannello.

§ 26. - Uso dei chiodi, delle caviglie e delle viti.

I chiodi, le caviglie e le viti si usano per consolidare i collegamenti dei legnami o addirittura per eseguire i collegamenti (casse da imballo, strutture provvisorie e costruzioni grossolane). Le caviglie sono chiodi di legno aventi forma leggermente conica; si fanno entrare a forza dentro fori praticati nel legno col succhiello e spesso stabiliscono un collegamento robusto ed efficiente, come nella fabbricazione dei modelli da fonderia. I chiodi possono essere a *testa piatta* a *testa tonda*, a *testa cilindrica*, a *testa tronco-conica* e a *testa piramidale*. Sono sempre di forma cilindrica con punta conica,

ad eccezione di quelli a testa piramidale che sono di forma piramidale quadrata e si usano poco nei lavori di falegnameria perchè spaccano facilmente il legno. Anche quelli a testa conica hanno lo stesso difetto. Quelli a testa piatta servono più che altro nella costruzione degli imballaggi, perchè la testa rimane sporgente e non può farsi entrare nel legno. Le punte a testa tonda o cilindrica, le più adatte alla falegnameria, perchè penetrano più facilmente e non danno luogo a spaccature, si dicono comunemente *punte di Parigi*. Per mettere in opera i chiodi, bisogna ungerli di grasso o di vasellina e conficcarli col martello in senso alquanto obliquo rispetto al piano del legno. Le viti sono di tre specie: *a testa quadra* od *esagonale*, a *testa tronco-conica* e a *testa tonda*. Quelle a testa tronco-conica esigono, per entrare nel legno completamente e non fenderlo, la svasatura del foro all'imbocco, cosa che si fa con punte da trapano dette *svasatrici*. Le punte della prima specie, dette *tirafondi*, si mettono in opera con una chiave adatta. Il loro nome è dovuto alla proprietà di tirare il pezzo di legno sottoposto verso quello che lo ricopre; si usano spesso per fissare basamenti di macchine su zoccoli di legno. Qualunque sia il tipo di vite che si adopera, bisogna prepararle la strada con adatto succhiello. Vi sono viti di acciaio e di ottone. Esse danno un collegamento più robusto di quello dei chiodi e si adoprano soprattutto per mobili scomponibili e per fissare sui mobili parti metalliche (cerniere, serrature, maniglie, ornamenti di bronzo).

§ 27. - Adesivi e loro impiego.

Si chiamano *adesivi* quelle sostanze che, spalmate allo stato fluido, a freddo od a caldo, tra le superfici di due pezzi di legno ne producono l'*adesione* e quindi il collegamento. Tali sostanze diconsi comunemente *colle* e possono essere di tre specie:

1ª - *colla forte* o *alla gelatina*;
2ª - *colla alla fibrina*;
3ª - *colla alla caseina*.

La colla forte è a base di gelatina animale che si ottiene sciogliendo in acqua bollente le ossa e le pelli di animali preventivamente sottoposte a lavaggi chimici e poi facendo concentrare la soluzione fino ad ottenere una sostanza trasparente, vitrea ed inodora, di colore variabile dal giallo al bruno, che si vende in lastre o quadratini. La migliore qualità di colla forte è quella ricavata dalle vesciche natatorie di alcuni pesci (della famiglia degli storioni). Tutte le colli forti si usano *a caldo*, dopo averle riscaldate in una pentola a doppio fondo (con intercapedine piena d'acqua), *a bagno maria*, mescolate con una sufficiente quantità di acqua (circa il triplo in volume). La colla è pronta quando non fa più schiuma e cola dal pennello con filo continuo. La colla *alla fibrina* formata a base della omonima sostanza animale, è di colore nerastro e si vende anch'essa in forma di lastre. Si adopera sciolta in acqua tiepida e corretta con adatti correttivi (generalmente calce). La colla alla *caseina*, a base di caseina (sostanza ricavata dal latte di mucca o di pecora), si trova in commercio già pronta o da preparare. Si usa a freddo, sciolta in acqua alla temperatura normale ($15° \div 20°$). Di tutti questi adesivi, il più adoperato è la colla forte. Questa deve essere messa in opera *quando è molto calda e fluida e bisogna impedire che si raffreddi prima che abbia fatto presa. A tale scopo le grandi superfici di legno da incollare bisogna che siano prima riscaldate* con mezzi opportuni. *Le superfici stesse debbono essere ben spianate e pulite* e *mantenute compresse per 24 ore con adatti morsetti o sergenti.* La pressione deve essere forte ed uniforme, non esagerata.

§ 28. - Legname compensato.

In ogni tavola di legno bisogna distinguere due facce: **la faccia destra** *in cui gli anelli affiorano convergendo* e **la faccia sinistra** *in cui affiorano divergendo* (fig. 89). Fa eccezione una sola tavola, quella che si ricava dal centro del tronco dell'albero e che abbraccia il midollo; essa ha infatti

due facce destre (fig. 90). *Le facce sinistre sono più permeabili delle facce destre e perciò qualunque tavola, che abbia due facce diverse, quando è esposta all'umidità, si curva nel senso degli anelli e quando è esposta al secco nel senso opposto* (vedi figg. 91 e 92). *Volendo quindi impedire ogni deformazione bisogna incollare due tavole per le facce dello stesso nome, preferibilmente per quelle sinistre* (che sono le più permeabili) come mostra la figura 93. Si ottiene così un *pezzo di legno compensato.*

Fig. 89.

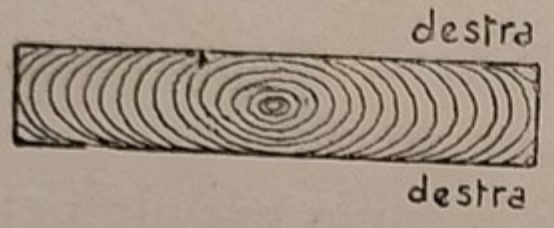


Fig. 90.

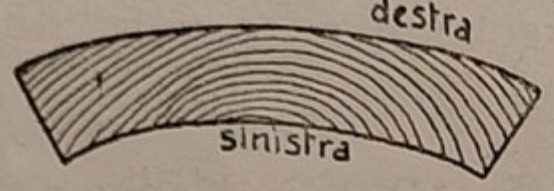


Fig. 91.

Fig. 92.

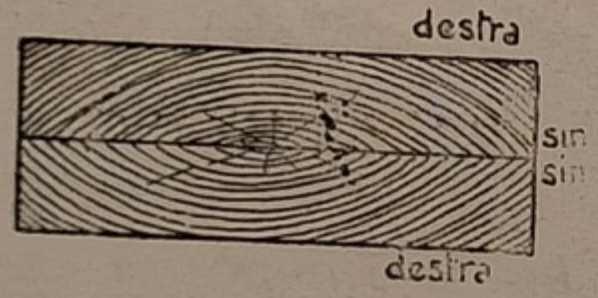


Fig. 93.

In commercio si trovano fogli di legno compensato di spessore compreso tra 2 e 5 mm. e costituiti di almeno tre fogli sovrapposti, incollati e compressi. Ciascuno di questi fogli ha le fibre incrociate con quelle del foglio contiguo.

§ 29. - Impiallacciatura.

Si chiama **impiallacciatura** *il rivestimento di legnami ordinari* (faggio, abete, pino, castagno ecc.) *con fogli sottili di legni di lusso* (noce, palissandro, mogano, acero ecc.) allo scopo di ottenere mobili di bella apparenza e di minor costo di quelli costruiti con il solo uso di questi ultimi (*mobili massicci*). I fogli di legname

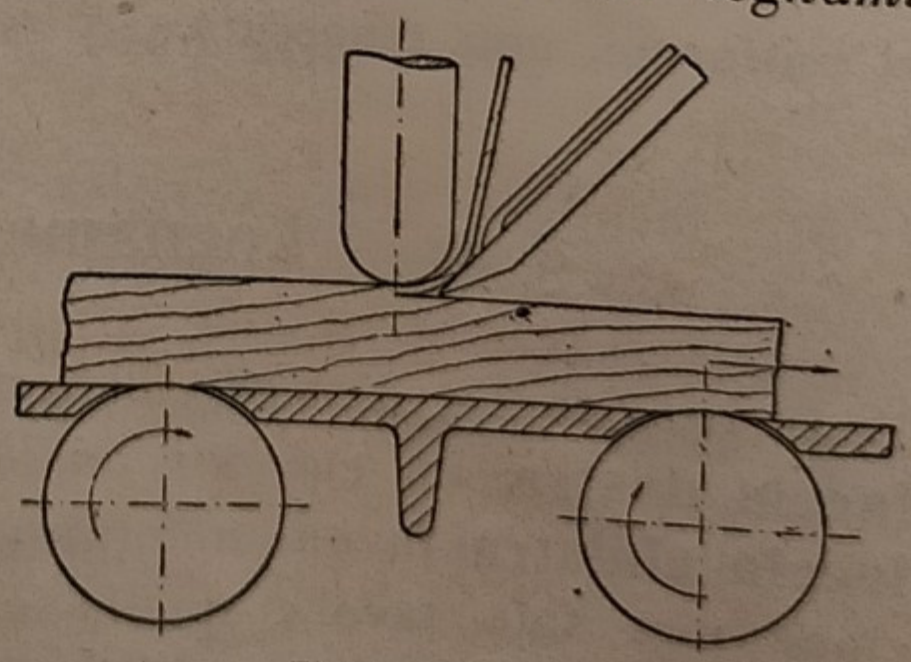


Fig. 94.

usati per il rivestimento si chiamano *piallacci* e si ottengono con speciali macchine tagliatrici (a coltello) da tavoloni (fig. 94) o da tronchi d'albero (fig. 95) solo privati della scorza e del libro. I piallacci ottenuti nel secondo modo possono raggiungere grandi dimensioni, in confronto a quelli ottenuti nel primo modo, ma debbono essere spianati prima dell'uso perchè risultano curvati a spirale. La messa in opera dei piallacci è difficile e delicata perchè bisogna assicurare la perfetta aderenza dei pezzi collegati mediante la colla. L'operazione viene facilitata rendendo scanalata la superficie delle tavole da impiallacciare (fig. 96) mediante l'uso della

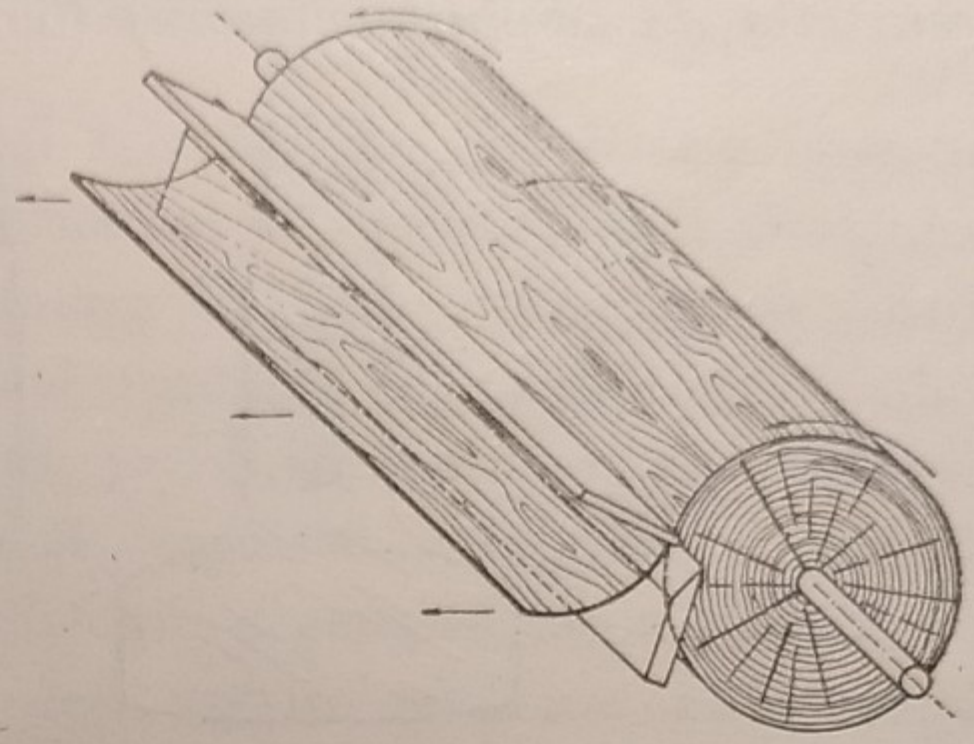


Fig. 95.

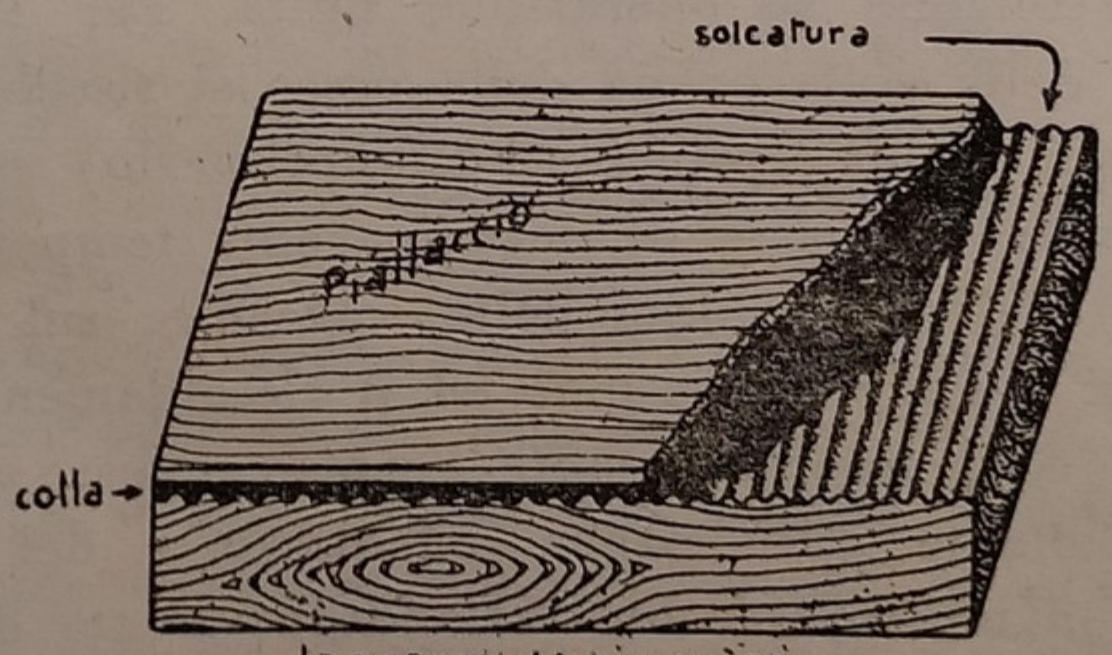


Fig. 96.

pialla a denti, il cui coltello ha le facce del tagliente rigate da solchi stretti e paralleli. La superficie così preparata viene accuratamente cosparsa di colla forte molto fluida e calda e su questo strato di adesivo si distende il piallaccio. Bisogna allora comprimere fortemente il piallaccio contro il legno sottostante in modo che la pressione sia uniformemente distribuita su tutta la superficie e si deve impedire che la colla si secchi prima che abbia fatto presa in tutti i punti. La pressione può

essere esercitata mediante la penna di uno speciale martello (*martello da impiallacciatore*) (fig. 97) fatta scorrere nel senso

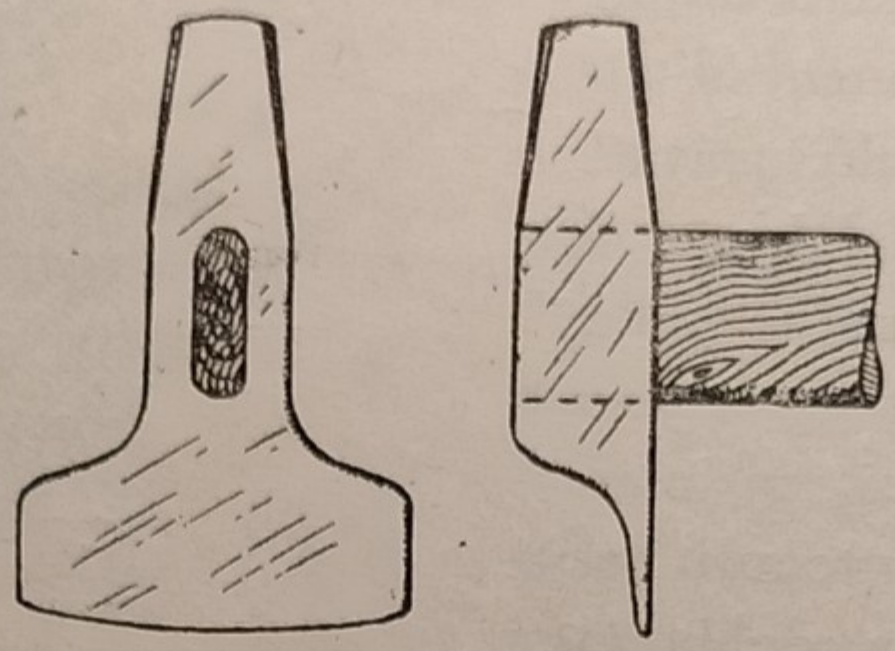


Fig. 97.

di sviluppo delle fibre del piallaccio, dopo aver ricoperto questo di un panno di tela o di un foglio di carta resistente. Perchè il piallaccio non si sposti durante la compressione, si suole fermarlo sul contorno con punte sprovviste di testa che si fanno penetrare nel legno sottoposto per metà della loro lunghezza e si tolgono ad operazione finita. Per impedire il disseccamento della colla prima della presa si riscalda il piallaccio con acqua calda (prima di comprimerlo) oppure con ferri da stiro o con assi di legno aventi temperatura tale da impedire che si formino delle macchie sul piallaccio ($t = 60° \div 70°$). La compressione ed il riscaldamento si possono operare contemporaneamente, come si usa nei grandi laboratori, mediante cilindratura del pezzo e del piallaccio sovrapposto con un apparecchio (calandra) formato di due rulli cavi percorsi dal vapore acqueo. I rulli agiscono alla guisa di un laminatoio, girando in sensi opposti ed esercitando sul pezzo una pressione che si può agevolmente regolare. La cilindratura dura finchè la colla si è essicata. In mancanza di tale apparecchio, i pezzi impiallacciati, dopo la compressione, vengono tenuti aderenti mediante presse adatte.

Questa disposizione garantisce l'indeformabilità del foglio. Il legno compensato (platano, tiglio, rovere, acero, okumè) serve a molteplici usi: costruzione di piani e di modelli indeformabili, pannelli, strumenti per la musica, carlinghe ed eliche di aeroplani ecc.

§ 30. - Decorazioni ed intarsio.

I mobili ed in genere tutti i lavori di ebanisteria possono essere abbelliti mediante *decorazioni* di varie specie: *tornitura*, *scultura*, *fregi di bronzo*, *intarsio* e *finto intarsio*. La tornitura serve per lavorare pezzi rotondi di qualunque profilo (colonnine, gambe e piedi di tavoli, di armadi e cassettoni, zoccoli e pomi di mobili) e si eseguisce coi torni da legno. La messa in opera di tali pezzi giova sempre molto ad arricchire l' aspetto del mobile o dell' oggetto lavorato. La *scultura* consiste nell' intagliare ed incidere il legno in modo da riprodurre motivi geometrici ornamentali e figure di foglie, fiori, animali ecc. e si usa spesso per ornare testate di letti, armadi, cassettoni, gambe di tavoli e scrivanie, spalliere di sedie e di poltrone, cornici di specchi ecc.

I *fregi di bronzo* sono motivi ornamentali scolpiti nel bronzo o fusi in bronzo e si applicano con viti o chiodi di ottone a testate di mobili ed a cassetti. L' *intarsio* non è altro che un lavoro di mosaico ottenuto con pezzettini di legno di varie forme e colori o spesso anche con pezzettini di madreperla. Coll' intarsio si eseguiscono motivi ornamentali, figure e persino veri e propri quadri. I pezzettini di legno adatti all' esecuzione del lavoro possono essere colorati naturalmente (acero, pero, bosso, mogano, palissandro, sorbo, teck ecc.) o artificialmente mediante bagno prolungato in una soluzione di anilina. Per eseguire l' intarsio si procede al modo seguente:

1° - si pratica nel pezzo di legno da intarsiare la cavità di forma e grandezza corrispondente al lavoro di intarsio da eseguire;

2° - si disegna sopra un pezzo di tela il motivo ornamentale, la figura od il quadro da riprodurre;

3° - si incollano sulla tela, uno vicino all' altro, i pezzetti di legno colorato necessari all' esecuzione del lavoro, scegliendo accuratamente le tinte ed aggiustando su misura i vari pezzetti;

4° - si incolla la tela col sovrapposto intarsio sul fondo della cavità precedentemente preparata e vi si tiene compressa

con adatti pesi, avendo cura di ricoprire l'intarsio con un foglio di carta pulita e bianca o con un panno bianco. Se il disegno dell'intarsio è molto semplice (scorniciatura geometrica), i pezzetti di legno colorato si applicano direttamente sull'incavatura del pezzo. Il *finto intarsio* consiste nell'imitazione dell'intarsio mediante la tinteggiatura del legno e può farsi in diversi modi. Il più comune consiste nel lisciare la superficie del pezzo, stuccarla accuratamente (con adatto stucco del commercio), disegnarvi sopra il motivo da riprodurre, dipingerlo con colori a base di terre e poi lasciar asciugare. Dopo ciò si procede al fissaggio del dipinto con una vernice a spirito, che si tira a lucido con un batuffolo di tela.

§ 31. - Finitura e conservazione degli oggetti in legno.

La finitura degli oggetti di legno può farsi in due modi: *conservando visibile la venatura o nascondendola sotto uno strato di sostanze impermeabili più o meno lucido.*

Nel primo caso, che è quello dei mobili impiallacciati o di legni di pregio, la finitura consta di 4 operazioni successive:

1ª - *levigatura*;
2ª - *lavatura*;
3ª - *mordenzatura* o *tinteggiatura*;
4ª - *lucidatura*.

Nel secondo caso, che è quello dei manufatti di uso civile od industriale e dei mobili di poco pregio, la finitura consta di cinque operazioni successive:

1ª - *levigatura*;
2ª - *lavatura*;
3ª - *applicazione dell'olio di lino cotto*;
4ª - *verniciatura di pulimento*;
5ª - *verniciatura di finitura*;

La levigatura consiste nel rendere liscia il più possibile la superficie dei pezzi costituenti l'opera completa. Questa operazione è lunga e deve essere fatta con molto scrupolo giac-

chè dalla sua buona esecuzione dipende in gran parte la buona riuscita delle operazioni successive. Si eseguisce col pialletto, col raschiatoio e con carte vetrate dapprima fine e poi finissime (n. 1 e n. 0). Questi tre mezzi vanno usati uno dopo l' altro nel senso di sviluppo delle fibre. La carta vetrata si applica ad un tampone di legno tenero di forma appropriata al profilo della parte da levigare. Perchè il lavoro riesca bene, dopo la piallatura di finitura, bisogna otturare i buchi e le fessure del pezzo con stucco di colore adatto al colore del legno. Per ottenere un maggior grado di pulimento si adopera, dopo la carta vetrata, la pomice in polvere umettata con pochissimo olio di lino. Nei grandi laboratori si ottiene spesso la levigatura con macchine speciali (*levigatrici* o *pulitrici*) munite di tamburi o dischi giranti con la superficie ricoperta di abrasivi (tela smeriglio o carta vetrata) o azionanti nastri abrasivi.

La lavatura ha lo scopo di togliere dal legno le sostanze nocive. Queste vengono disciolte con bagni chimici adatti alle diverse qualità di legname: **per i legni resinosi** *soluzione calda di carbonato di potassio al 5 %*, **per i legni ricchi di tannino** (quercia, noce ed essenze straniere) *acqua ossigenata*, **per i legni ricchi di calce** (generalmente di color chiaro o bianco) *soluzione d' acido ossalico all' 8 %*, **per le essenze forti** *acqua acidulata con acido cloridrico al 10 %*. Al lavaggio chimico si fa seguire una risciacquatura in acqua pura. A questo punto, come si è detto, le operazioni variano secondo che si conservi o no visibile la venatura del legno. Se si è nel primo caso bisogna eseguire *la mordenzatura* (detta comunemente tinteggiatura). *Questa operazione consiste nel rendere più viva e marcata la colorazione naturale del legno con sostanze liquide che agiscono chimicamente sulle fibre senza deteriorarle e che si chiamano mordenti* [1]). I migliori mordenti sono di due diversi tipi: il primo (mordente di

---

[1]) I mordenti più comuni, che però alterano la sostanza legnosa, sono a base di acidi o sali metallici (Acido citrico, Cromato di potassio, Acetato di allumina o di ferro, Cloruro di stagno o di zinco, ecc.).

Joluan) per lavori correnti ed il secondo (mordente a base di paracidolo) per lavori di pregio. Il mordente ordinario è di azione più pronta, mentre il secondo richiede non meno di mezza giornata di tempo per manifestare i suoi effetti. Qualunque sia il mordente che si adopera, bisogna prepararlo, ossia metterlo a sciogliere dentro un recipiente di terra cotta per evitare eventuali azioni chimiche della soluzione sul recipiente. Eseguita la mordenzatura, quando il legno è ben asciutto, si passa alla lucidatura. Questa consiste nel ridurre alla lucentezza di uno specchio la superficie del legno tinteggiato e si fa stendendovi sopra, in diverse mani, una vernice a spirito (lucido) a base di gomma-lacca o altra resina incolore appropriata. L' operazione si eseguisce sfregando il legno, con un tampone di tela bagnato di vernice, nel senso delle fibre. Non si torna a bagnare il tampone se prima non si è asciugato. Quando si è finito di stendere il lucido, si ripassa, adagio adagio, tutta la superficie con un batuffolo di tela netta umettato di spirito.

Quando invece il legno deve essere sottoposto a verniciatura vera e propria (2° caso) si fa seguire al lavaggio l'*applicazione dell' olio di lino cotto*, fatta col pennello, in un paio di mani. Tale applicazione serve a diminuire la permeabilità del legno e quindi a risparmiare la quantità di vernice che poi occorre dargli, ma ha anche lo scopo di rendere alquanto asettiche le fibre del legname. Quando l' olio di lino si è prosciugato si dà *la vernice di pulimento* (flatting) che è essenzialmente composta di un miscuglio di olio di lino cotto, essenza di trementina e una o più resine incolori (generalmente sandracca e mastica). Questa vernice è rapida, ossia asciuga presto, è fluidissima ed agevola la *verniciatura di finitura*, che è quella che dà il colore, lucido od opaco, al legno. Prima però di applicare quest' ultima vernice (che può applicarsi colla pennellessa o meglio col batuffolo) è bene procedere ad una ulteriore pomiciatura con pomice in polvere. Di vernici di finitura ve ne sono in commercio di varie qualità e colori. Il colore si ottiene con sostanze vegetali o terre (*gommagutta, zafferano, porpora, terra di Siena, campeggi*), ani-

mali (*nero d'avorio*, *nero di seppia*, *cocciniglia* ecc.) e chimiche (*sali metallici a base di piombo*, *zinco*, *cromo*, *ferro*, *cobalto* ecc. oppure *colori di anilina*). I colori più resistenti e meno dannosi sono quelli a base di anilina, che sono anche i più moderni e ricercati.

§ 32. - Cenni sommari sul funzionamento delle macchine per la lavorazione del legno. Cautele d'impiego.

Le moderne macchine per il legno sono di uso molto esteso, per la grande produttività che consentono di ottenere e per il maggior grado di perfezione che acquistano i pezzi lavorati. Il loro numero, le loro forme ed i principi su cui è fondato il loro funzionamento sono molto grandi, ma noi, per i limiti ristretti di questo studio, ci limitiamo ad accennare alle più comuni di queste macchine; nell'ordine in cui generalmente vengono usate: *seghe*, *piallatrici*, *torni*, *mortasatrici*, *modanatrici* (o fresatrici da legno, in francese « toupies ») *e levigatrici*.

Le seghe si distinguono in:

1° - *Seghe alternative.*

2° - *Seghe a disco o circolari.*

3° - *Seghe a nastro.*

Le seghe alternative si usano nelle segherie per ridurre i tronchi in tavole. Sono formate (fig. 98) da un telaio che porta

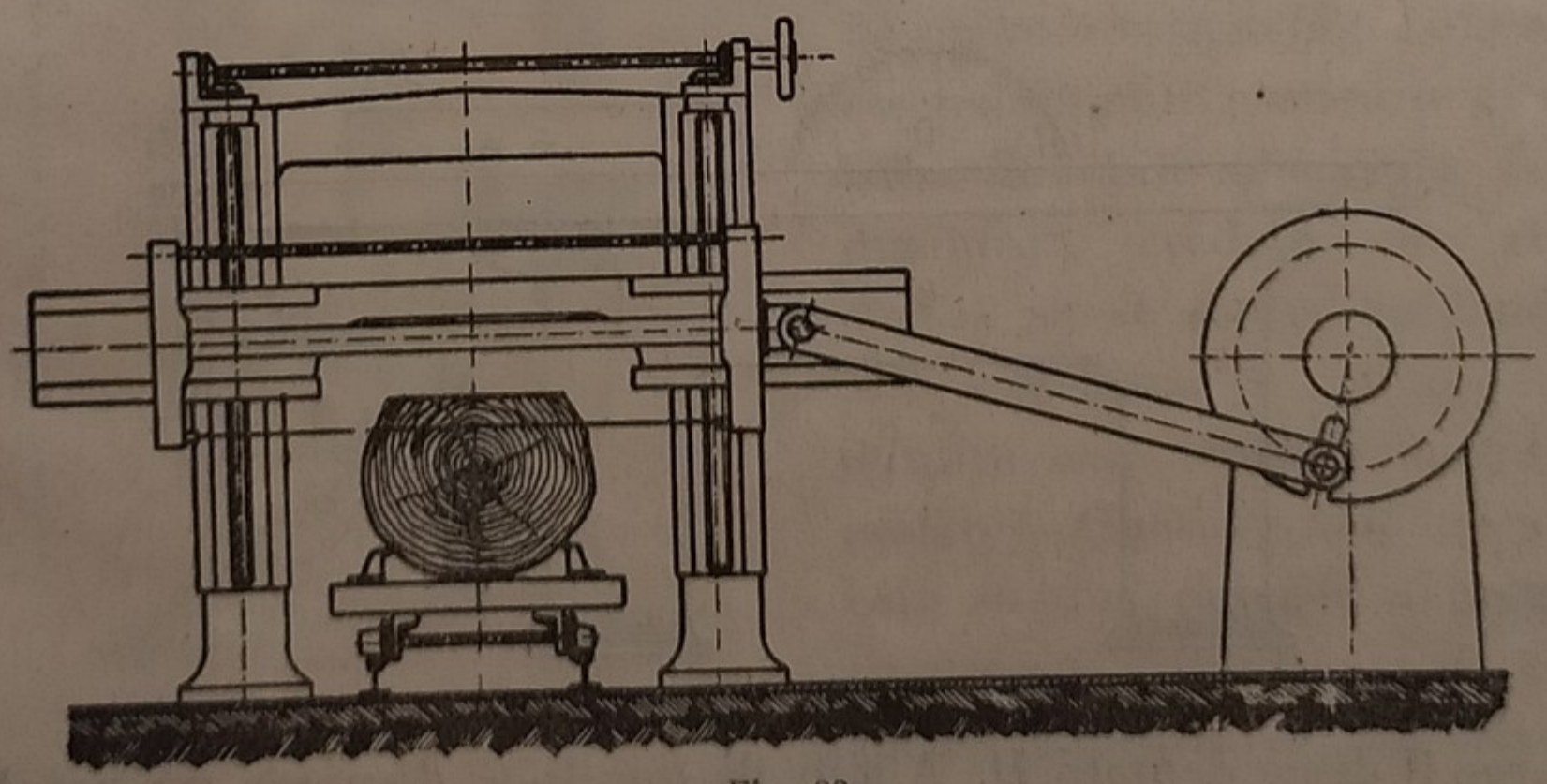


Fig. 98.

tesa orizzontalmente una lama di acciaio con dentatura a doppio effetto. Il telaio, mediante un meccanismo di biella e manovella, si muove di moto alternativo scorrendo su due guide rettilinee. Il tronco da ridurre in tavole è fissato su un carro che scorre su guide perpendicolari al piano del telaio. Terminato il taglio di una tavola l'insieme delle guide e del telaio, che può muoversi in un piano verticale, si abbassa di una quantità uguale allo spessore della tavola e si inizia il taglio successivo.

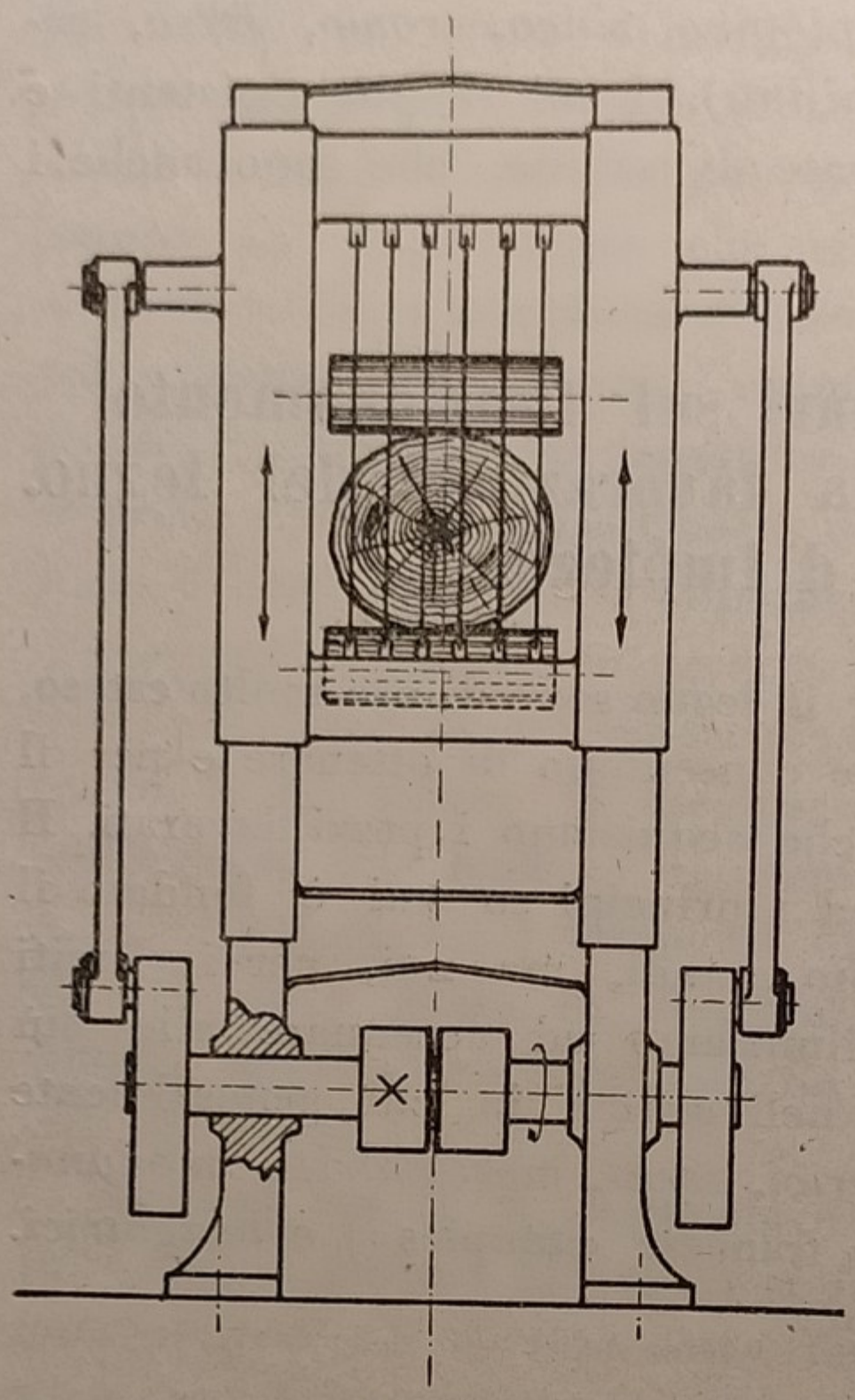


Fig. 99.

Vi sono anche seghe alternative (fig. 99) con telaio munito di molte lame parallele che si muove in un piano verticale e taglia contemporaneamente tutte le tavole di un tronco.

La sega a disco (fig. 100) è formata di un banco di ghisa *B* coperto da una tavola *T*, da una lunga feritoia della quale

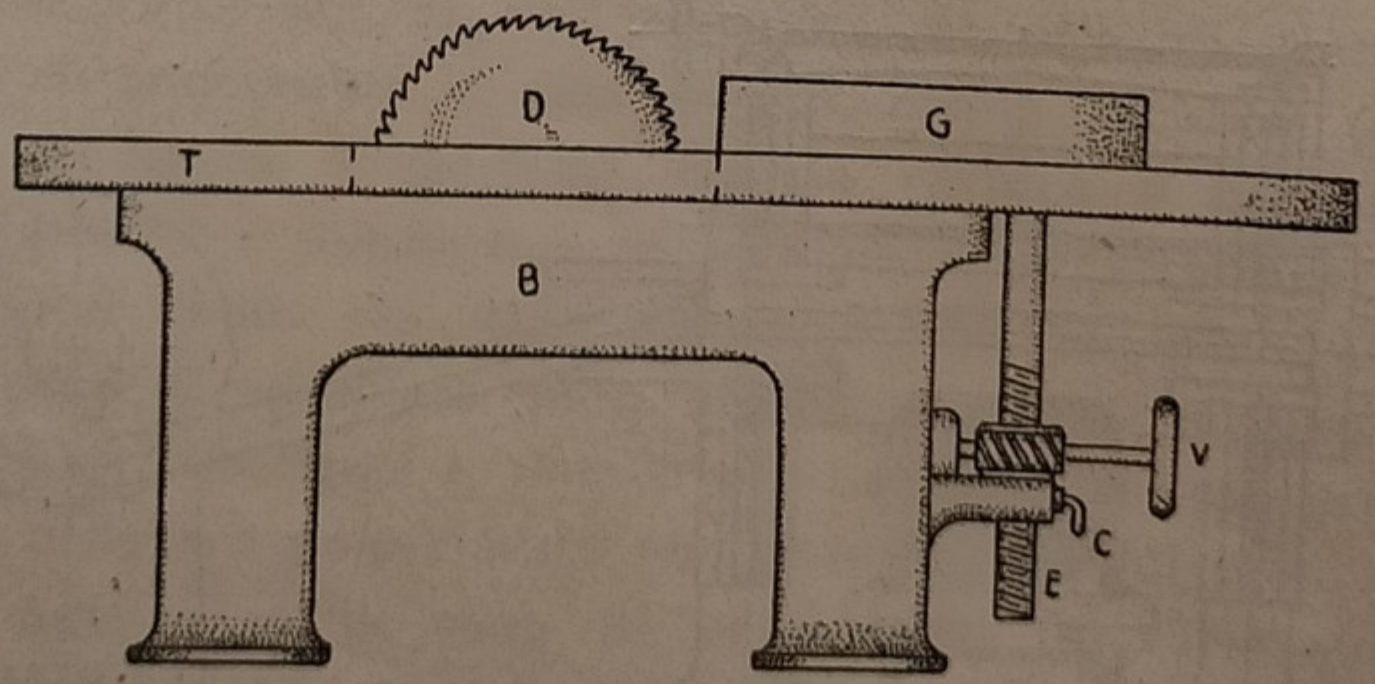


Fig. 100.

sporge il disco dentato *D*. A filo di questo è disposto un regolo

metallico *G* (guida) che può spostarsi parallelamente a se stesso e serve d'appoggio e guida al pezzo da segare. La tavola può essere abbassata ed innalzata, mediante un sistema vite perpetua-ruota dentata elicoidale comandato dal volantino *V*, e fermata all'altezza voluta mediante la chiave a manovella *C* che serra la vite verticale *E* nella relativa chiocciola.

Lo spostamento verticale della tavola ha lo scopo di limitare la sporgenza del disco secondo la profondità del taglio. Il disco è montato su cuscinetti fissi al castello della macchina. Altri tipi di sega meccanica hanno il disco inclinabile per eseguire tagli obliqui oppure hanno la tavola inclinabile ed il disco mobile verticalmente (fig. 101).

Fig. 101.

Nell'uso di queste macchine bisogna lavorare in modo da non premere sul pezzo dalla parte vicina alla sega, perchè altrimenti la mano potrebbe impigliarsi nei denti della sega. Quando sta per essere finita la segatura del pezzo è bene spingerlo avanti coll'aiuto di un asse.

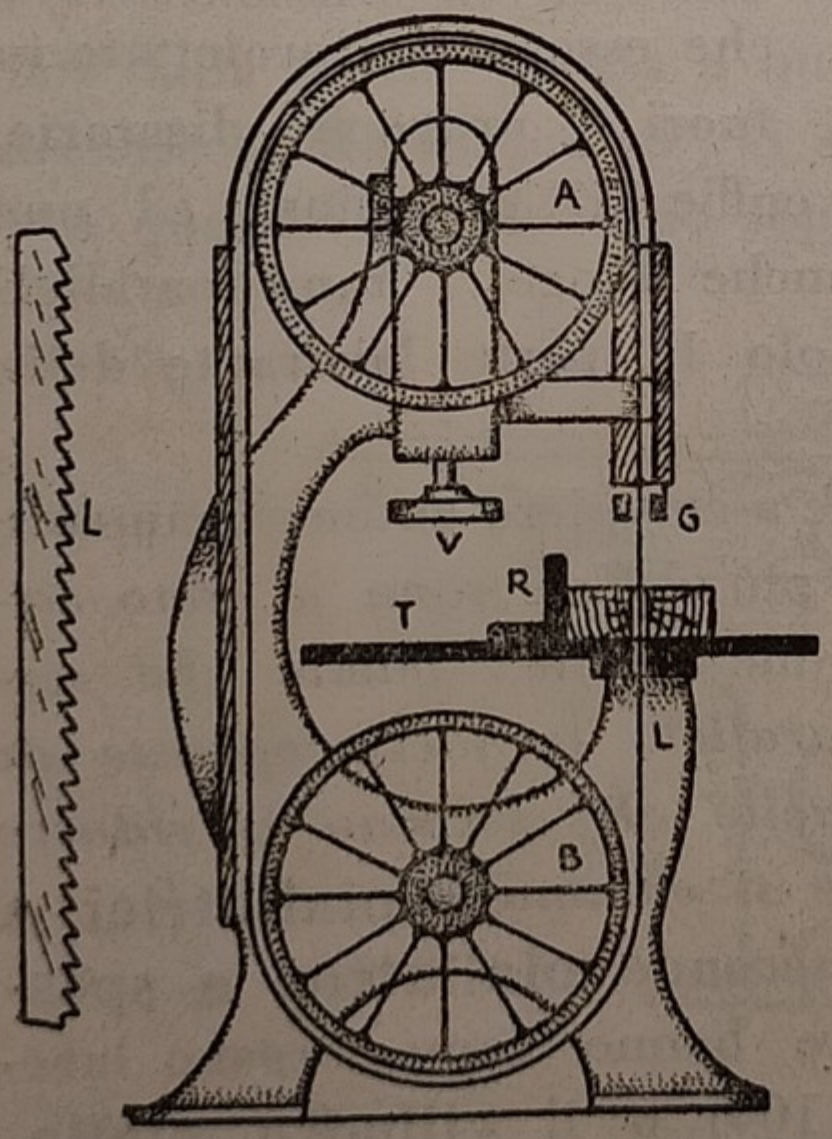


Fig. 102.

Le *seghe a nastro* (fig. 102) sono essenzialmente costituite di una lama flessibile d'acciaio *L*, a dentatura stradata, che viene chiusa su sè stessa, saldandola alle estremità, in modo da costituire una cinghia metallica (nastro). Questa viene accavalcata su due pulegge a raggi, a superficie cilindrica, *A* e *B* spesso guarnite di un rivesti-

mento elastico (gomma o cuoio). Per dare la necessaria tensione al nastro, l'asse della puleggia superiore può alzarsi ed abbassarsi manovrando il *volantino a vite V*. La lama attraversa la tavola *T* portata dall'incastellatura ed è guidata in prossimità del pezzo da tagliare da opportune guide *G*, che sono spesso a rulli. Inoltre un regolo *R*, costituito di un ferro ad angolo, serve per guidare il pezzo durante il lavoro. La sega a nastro permette di eseguire tagli diritti e tagli curvi e quindi è più utile di quella a disco, ma presenta l'inconveniente che il nastro si spezza facilmente. Per impedire allora che esso venga proiettato in fuori e provochi disgrazie, le pulegge sono sempre dotate di cuffie di protezioni ed una guaina di protezione si dispone anche lungo i rami paralleli del nastro, lasciando scoperta solo la parte lavorante della lama (fig. 103).

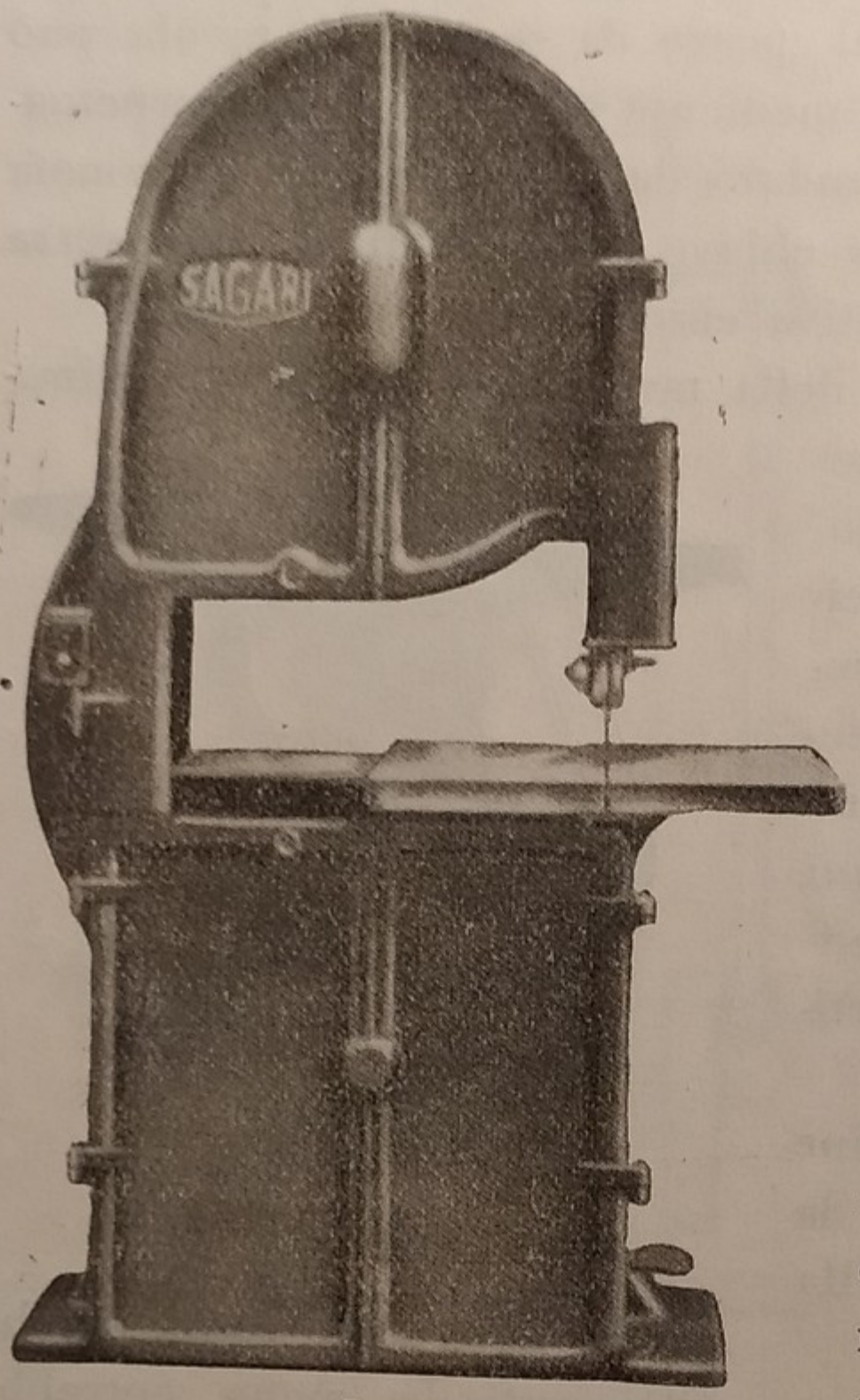


Fig. 103.

Piallatrici. Sono macchine atte a compiere automaticamente il lavoro delle pialle a mano. Le più diffuse sono *a moto circolare continuo* e si dividono in due specie: *quelle che servono semplicemente a ridurre parallele le facce opposte di una tavola o di una trave* e *quelle che servono a ridurre lo spessore di un pezzo. Le prime si chiamano* **piallatrici a filo** *oppure* **raddrizzatrici,** *le seconde* **piallatrici a spessore.** Tanto le une che le altre hanno come organo lavorante **il prisma piallatore** (fig. 104) o il **cilindro piallatore** (fig. 105) a cui sono applicati due *coltelli L* (fig. 106)

disposti parallelamente, coi taglienti opposti, e fissati al supporto con bulloni ad ancora.

Il pezzo da piallare viene spinto contro i coltelli rotanti come indicano le frecce. L'organo piallatore può essere semplice o multiplo, se si tratta di piallatrici a spessore, e può trovarsi tanto sopra che sotto il pezzo. Il pezzo scorre sulla tavola della macchina e, quando è sotto ai coltelli, è premuto

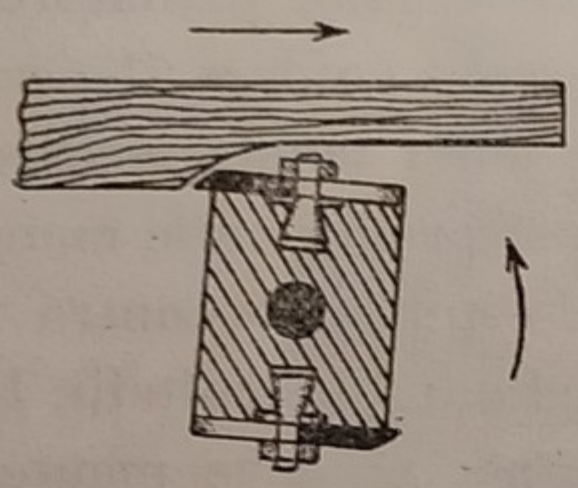


Fig. 104.

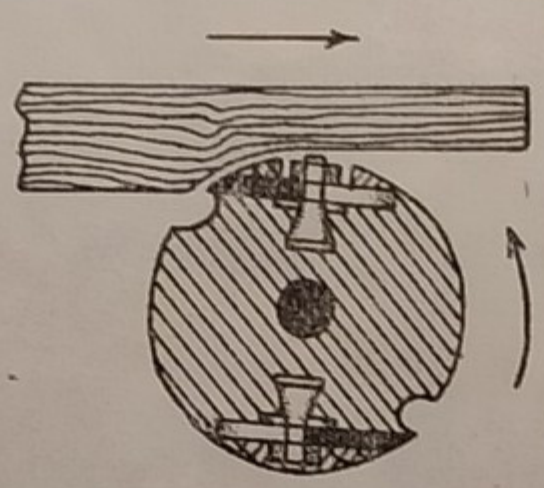


Fig. 105.

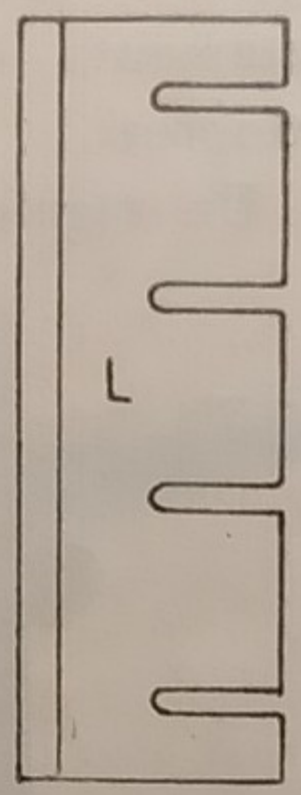


Fig. 106.

contro la tavola da un sistema di rulli a contrappeso. La velocità di rotazione dell'organo piallatore è molto forte (da 3000 a 4000 giri al minuto primo). Il pezzo riceve la spinta per l'avanzamento da un rullo rigato e i trucioli vengono proiettati dalla parte opposta a quella dove si trova l'operaio che accudisce alla macchina. Vi sono anche piallatrici a 4 prismi o a quattro cilindri (uno sopra, uno sotto e due laterali rispetto

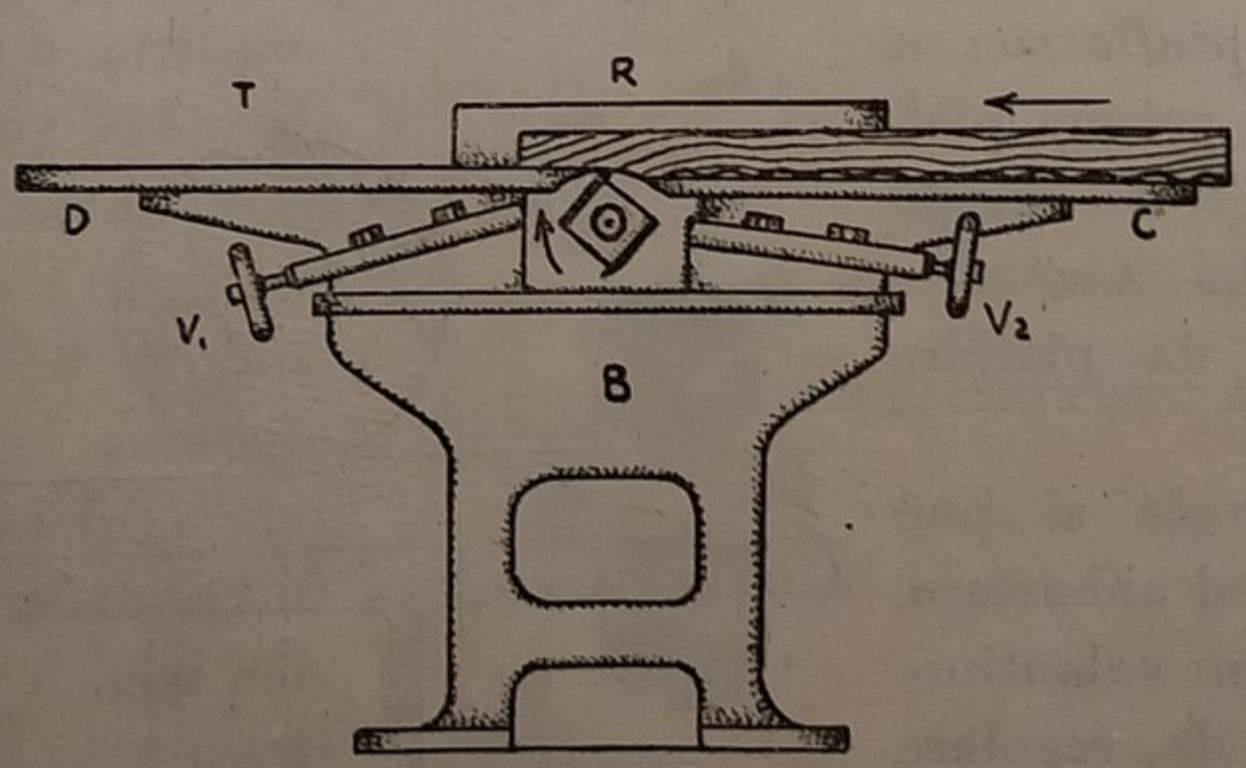


Fig. 107.

al pezzo) registrabili, che permettono un lavoro più preciso e più spedito. *Le piallatrici a filo* hanno sempre un solo *prisma*

o *cilindro piallatore* che è disposto sotto il pezzo o meglio sotto la *tavola T* del banco *B* (fig. 107). La tavola è composta di due piani a bordi interni affilati separati da una fessura lunga quanto la tavola e la cui larghezza ed altezza possono regolarsi con i volantini a vite V_1 e V_2 che determinano lo slittamento dei piani su appoggi a piano inclinato ed essi sottoposti.

Un regolo *R*, a facce verticali, coll' asse normale a quello dell' organo piallatore, serve a guidare il pezzo sulla tavola mentre lo si preme colle mani per spingerlo contro i taglienti dei coltelli. Il piano *C* deve mantenersi più basso del piano *D* di una quantità corrispondente allo spessore di legname che si deve togliere dal pezzo. Quando la macchina non è in funzione, i bordi affilati dei piani ed il sottostante organo piallatore sono coperti da un copri-giunto di protezione (fig. 108).

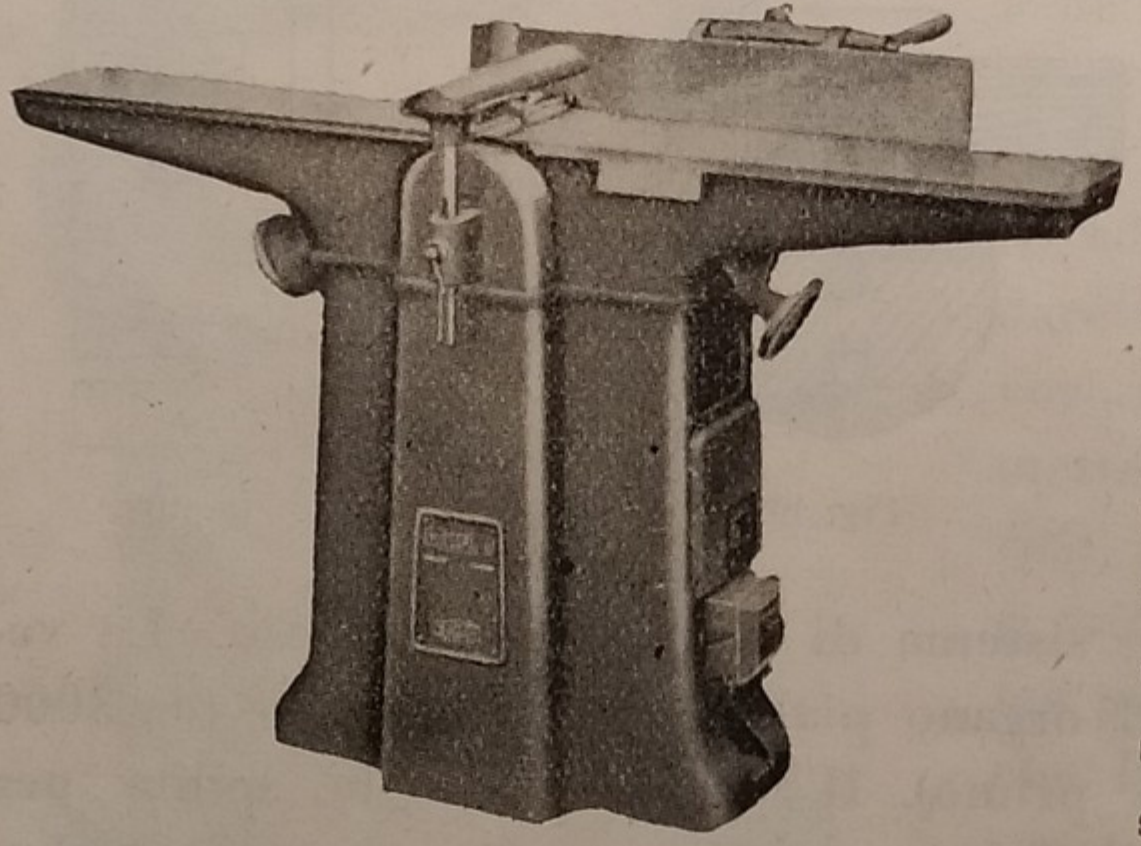


Fig. 108.

Nelle *piallatrici a spessore* il prisma piallatore si trova al disopra della tavola e del pezzo da piallare (fig. 109).

La tavola si può innalzare ed abbassare, mediante un volantino, in modo da regolare lo spessore del pezzo.

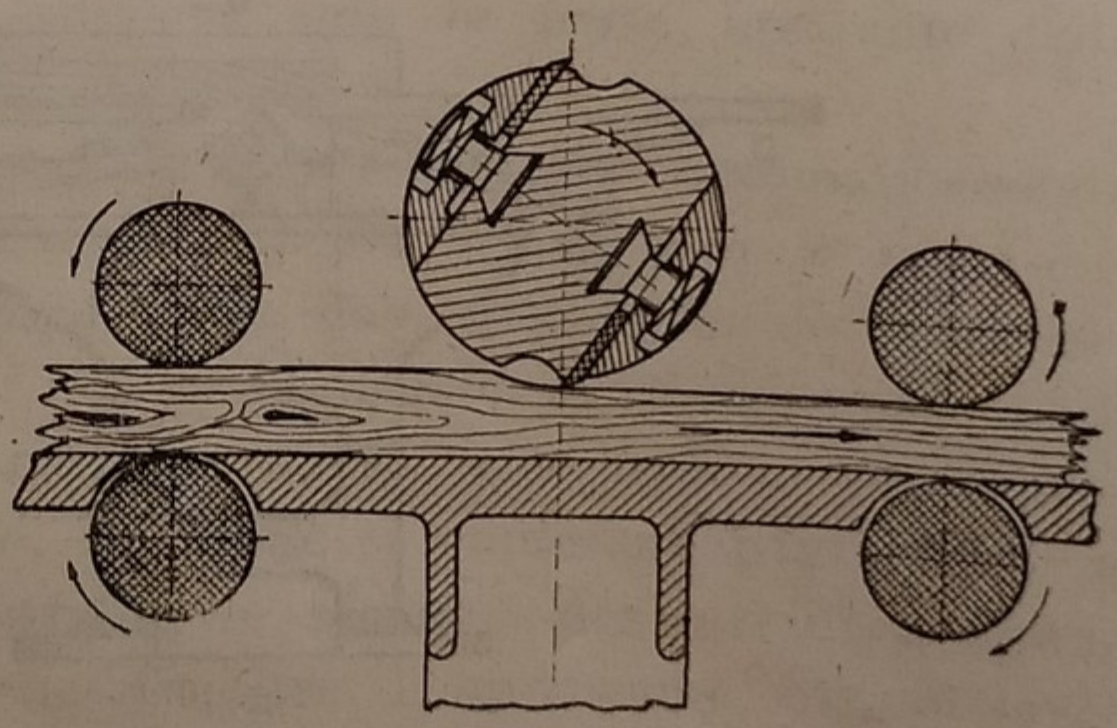


Fig. 109.

Tale spessore, che si può leggere su apposita graduazione, è uguale alla distanza

tra la tavola e la superficie cilindrica generata dai taglienti delle lame durante la rotazione. Alcune piallatrici a spessore hanno tutte le parti in movimento racchiuse nella incastellatura della macchina e presentano una sola apertura per il passaggio del legname da lavorare (fig. 110).

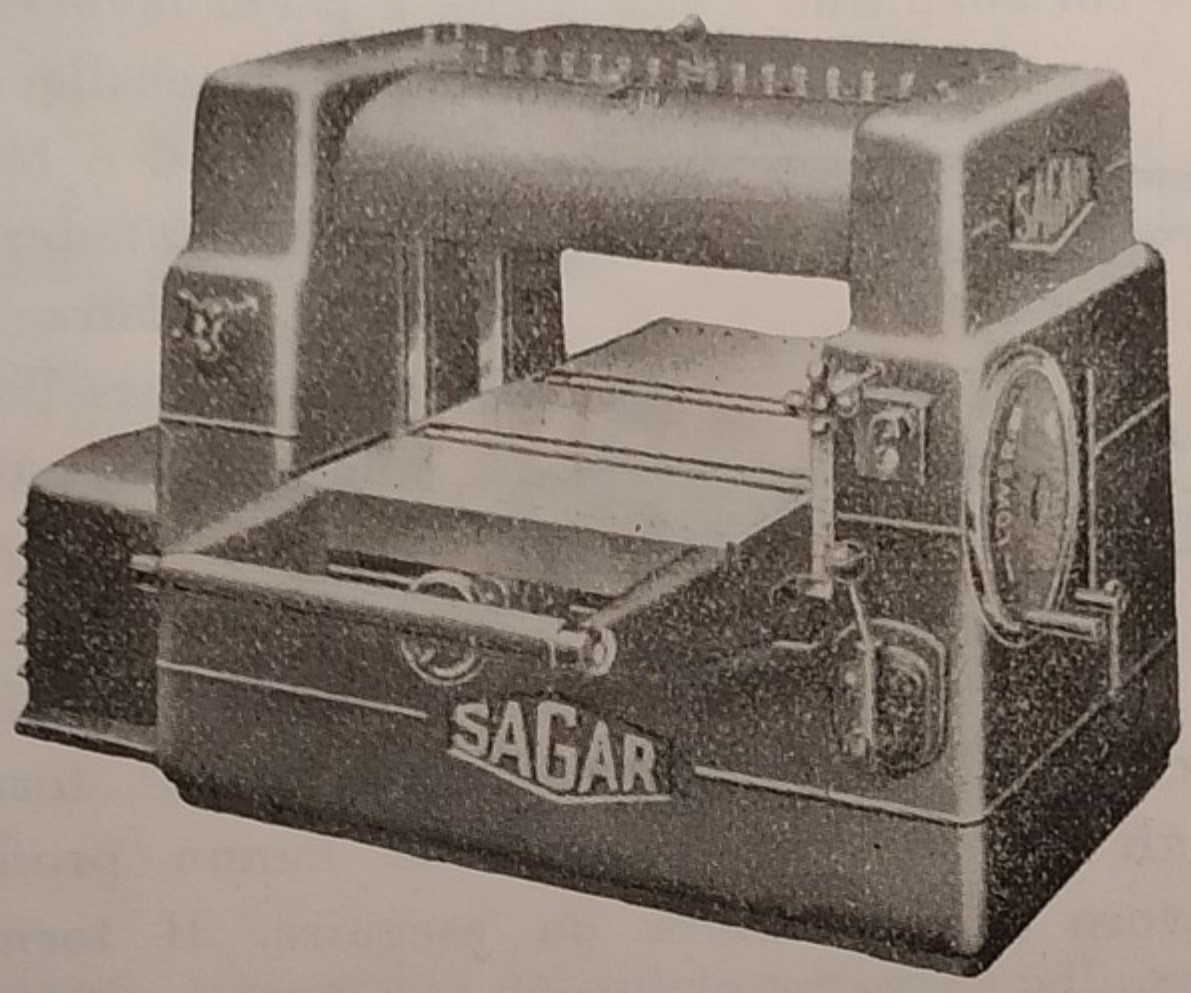


Fig. 110.

Torni. Sono macchine per *tornire* o *filettare* il legno, ossia per dare ad un pezzo di legno la forma di solido di rotazione (cilindrico, conico, profilato) o per praticarvi una vite o una madrevite. I primi si chiamano *torni semplici*, i secondi *torni da filettare* o *torni paralleli*. La (fig. 111) rappresenta un tornio semplice. Esso è formato del banco *B* munito delle guide parallele ed orizzontali *G*. Sul banco si trovano: il *toppo fisso T* (che porta il cono motore di pulegge calettato sull'albero principale o *mandrino*) il *poggia-utensile C* (che può spostarsi lungo le guide, alzarsi od abbassarsi e fissarsi alla

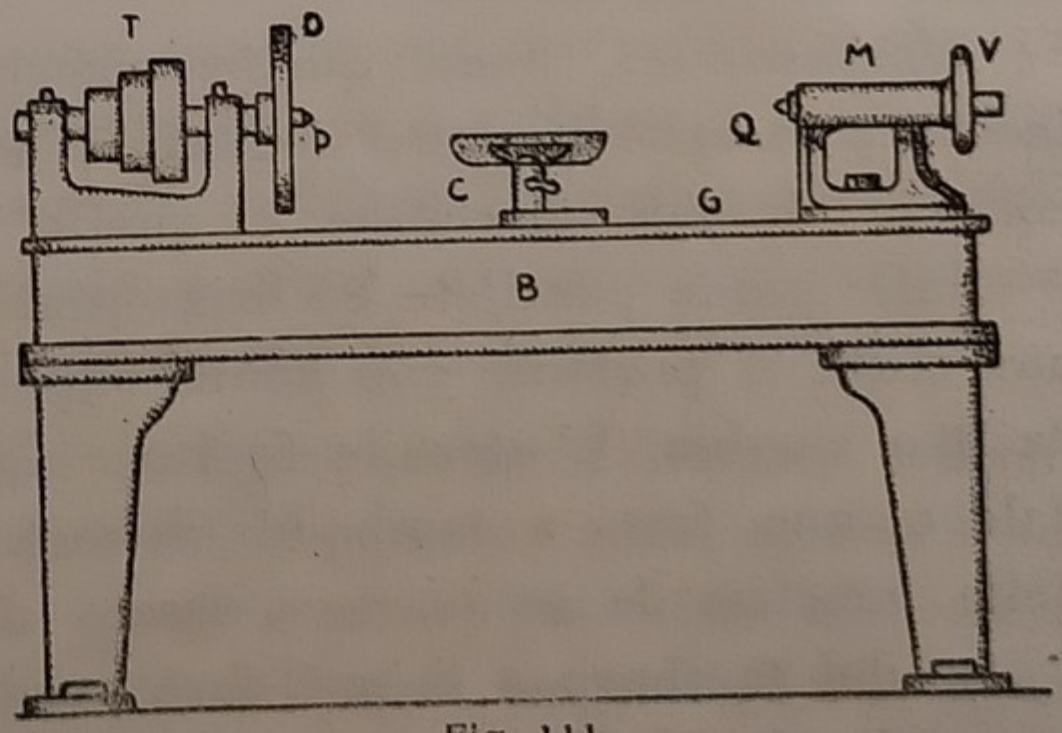


Fig. 111.

posizione voluta con bulloni a dado ed a leva) ed il *toppo mobile M* (anch' esso fissabile in una posizione qualunque lungo le guide). Il pezzo da tornire può essere montato sul *disco D, con brida*, disponendolo tra la punta *P* applicata al mandrino e la contropunta *Q* applicata al fuso del toppo mobile (tale fuso è manovrato col volantino a chiocciola *V*). Per lavorare si appoggia l' utensile sul poggia utensile *C* e lo si preme, per mantenerlo fermo, colla sinistra in prossimità del nasello. Gli utensili usati dal tornitore in legno sono *la sgorbia da tornitore* (fig. 112) per eseguire scanalature circolari) lo *scalpello da tornitore* (fig. 113) per tornire liscio o piano) e gli *utensili sagomatori* che hanno profilo appropriato al lavoro di sagomatura da eseguire. Il tornio si usa per tornire pezzi cilindrici, tronco conici, gambe di tavoli, zoccoli e pomi di mobili. Però per eseguire lavori a sagoma vi sono anche speciali torni sagomatori, adatti soprattutto per produzioni in serie. In tutti i torni il pezzo gira, mentre l'utensile si sposta, per dare l' avanzamento al lavoro, parallelamente all' asse od obliquamente secondo che si tornisce cilindricamente o conicamente.

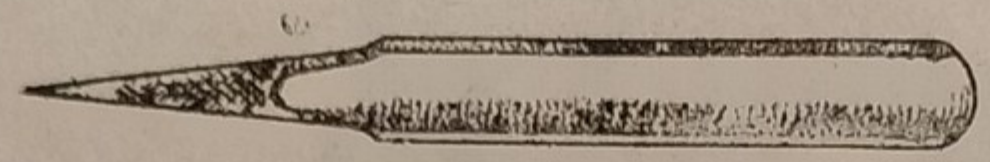


Fig. 112.

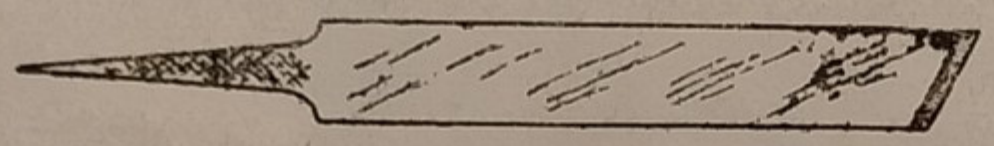


Fig. 113.

Mortasatrici. Sono quelle macchine con cui si possono incavare *mortise* (incastri femmine) nel legname. Il tipo più comune di tali macchine è quello schizzato nella (fig. 114).

Sulle guide parallele ed orizzontali del banco *B* può scorrere una slitta *A* portante con adatti supporti il tamburo *T* mosso da una cinghia. L' utensile foratore *U*, che è una punta elicoidale o una fresa a gambo di diametro uguale alla larghezza della mortisa da incavare, è fissato all' estremità esterna dell' asse del tamburo e si può fare penetrare nel pezzo spingendo avanti la slitta. Questo movimento si ottiene mediante la leva L_1 che fa ingranare il settore dentato *D* colla dentiera *E* posta sotto la slitta. Il pezzo da mortasare *P* è fissato, con adatto

morsetto a volantino N, sopra una slitta traversale C scorrevole sulla mensola M mediante la leva L_2 che manovra una coppia settore dentato-dentiera analoga a quella dell'altra slitta.

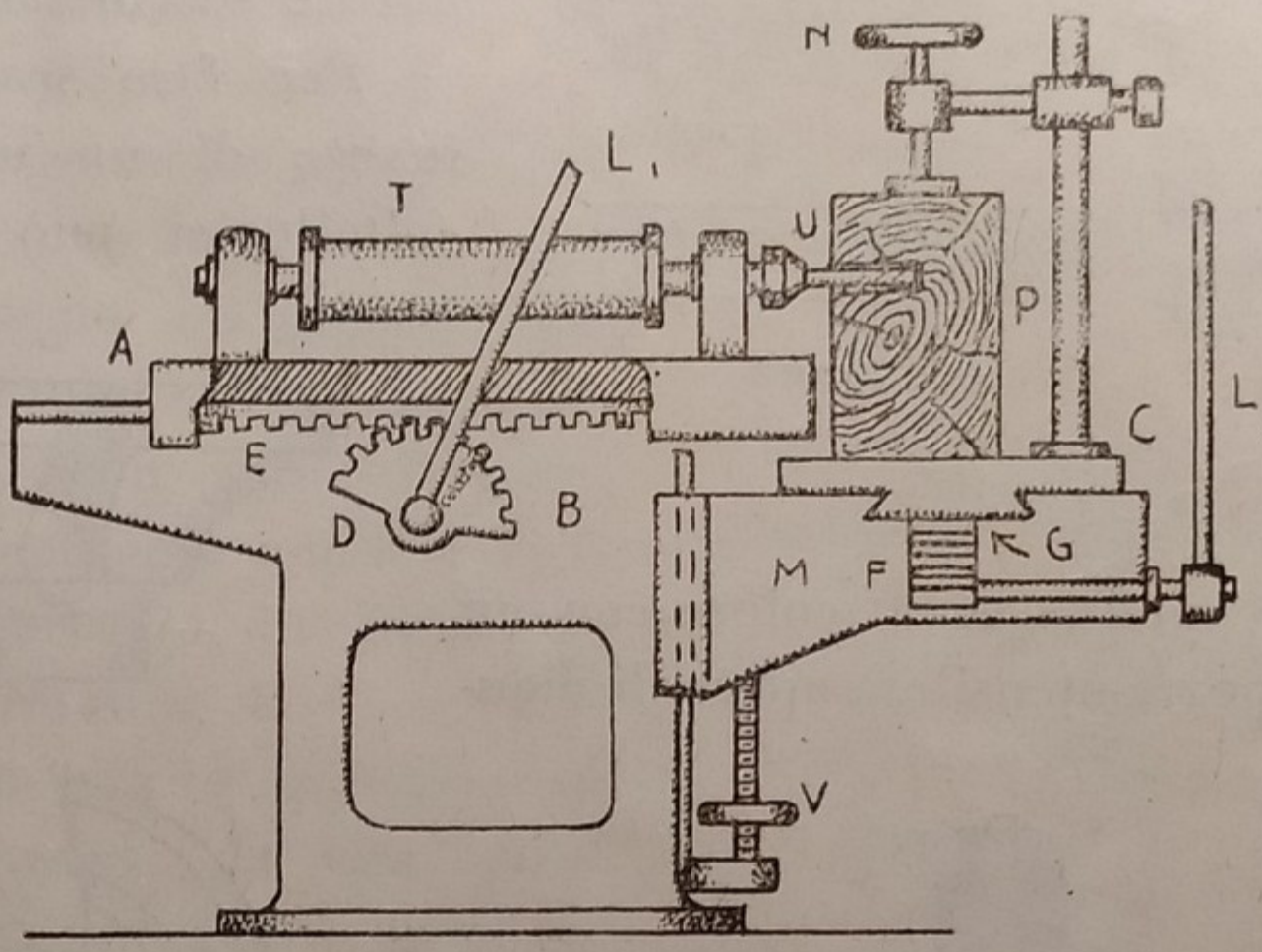


Fig. 114.

Lo spostamento trasversale del pezzo serve ad allungare la mortisa. La mensola può essere alzata ed abbassata, lungo due guide verticali fissate alla parte posteriore del banco, mediante una vite a volantino V, per poterla portare all' altezza necessaria per il lavoro. In altre mortasatrici l' asse portapunta è disposto verticalmente e può alzarsi od abbassarsi, mentre il pezzo ad esso sottoposto è fissato sopra una slitta orizzontale e può quindi spostarsi quanto occorre per ottenere la prefissata lunghezza della mortisa. Usando queste macchine il dente, che deve penetrare nella mortisa per stabilire l'accoppiamento degli incastri, deve essere fabbricato a mano ; vi sono però macchine speciali che fanno tanto il dente che la relativa mortisa.

Modanatrici o fresatrici da legno (dette in francese *tupies*). Sono macchine per fare battenti, linguette, scanalature, scorniciature e modanature su pezzi rettilinei (fig. 115). L'utensile lavorante è un *coltello* (fig. 116) nei primi tre casi ed una *fresa da legno* negli altri due. Le frese possono essere a *profilo variabile* (ossia coi denti affilabili sul dorso) ed allora si usano anche per i lavori fatti dai coltelli, od a *profilo invariabile*

(fig. 117 - che si affilano sul petto del dente con mole a scodella) ed allora servono esclusivamente per modanare e scorniciare.

Per fare scanalature, invece di un utensile a coltello, si può montare

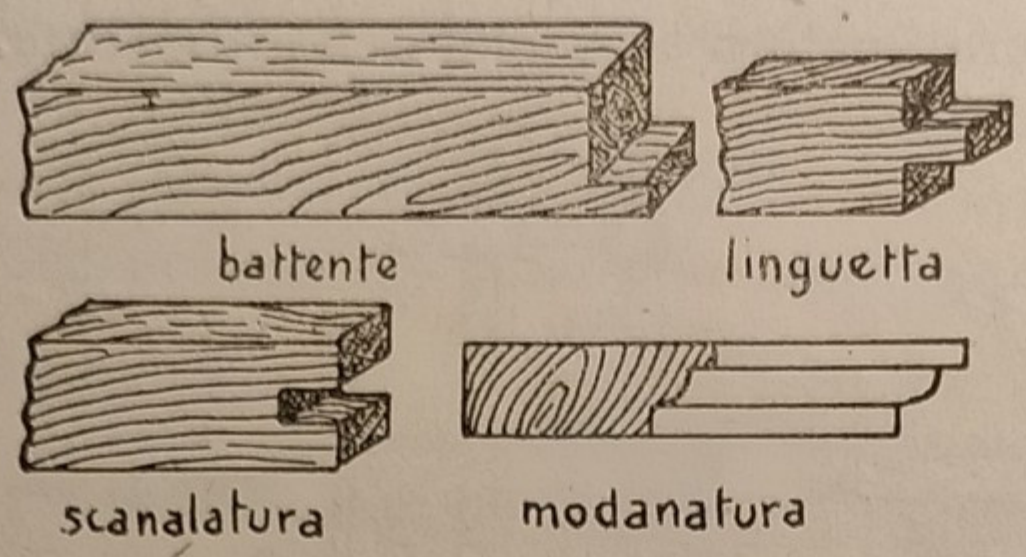
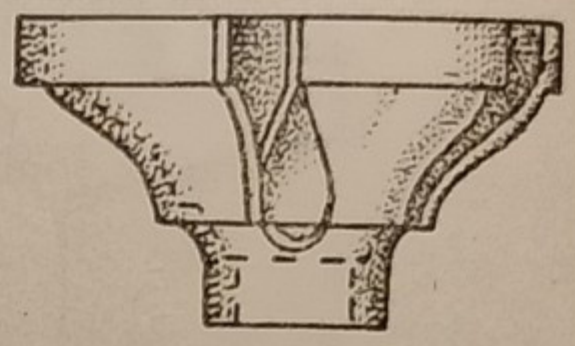


Fig. 115.



sull' albero una sega circolare con un sostegno (porta-utensile) capace di man-

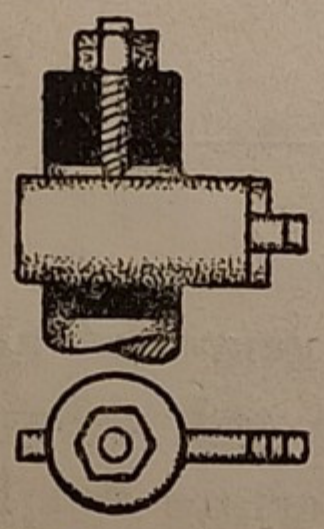


Fig. 116.

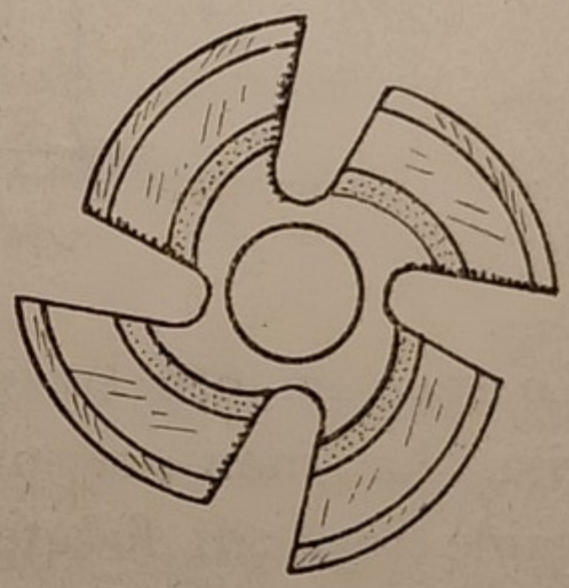


Fig. 117.

tenere il disco inclinato rispetto all'asse di rotazione anzichè perpendicolare (*sega oscillante* fig. 118).

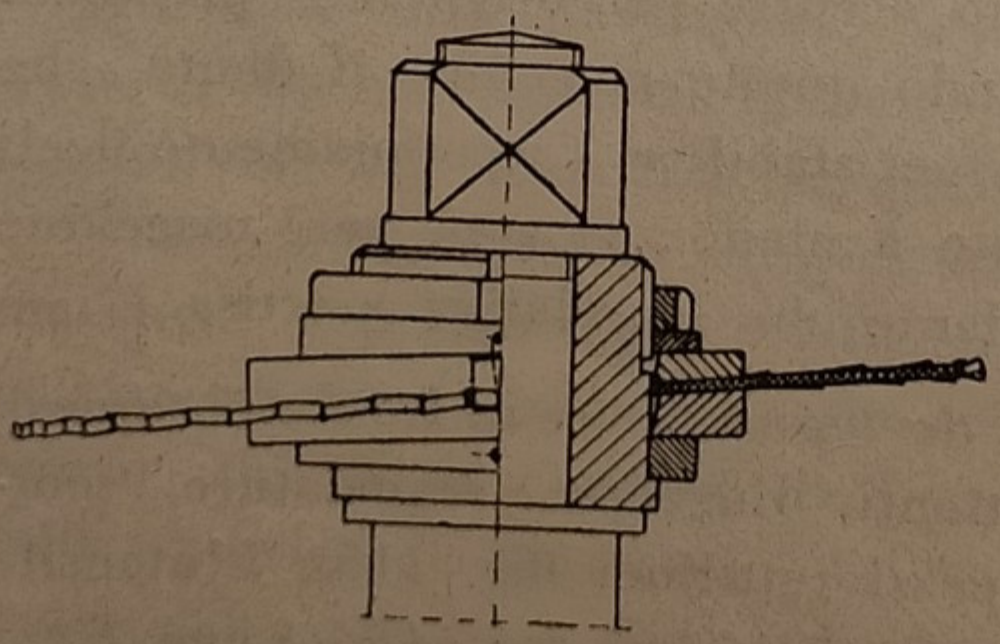


Fig. 118.

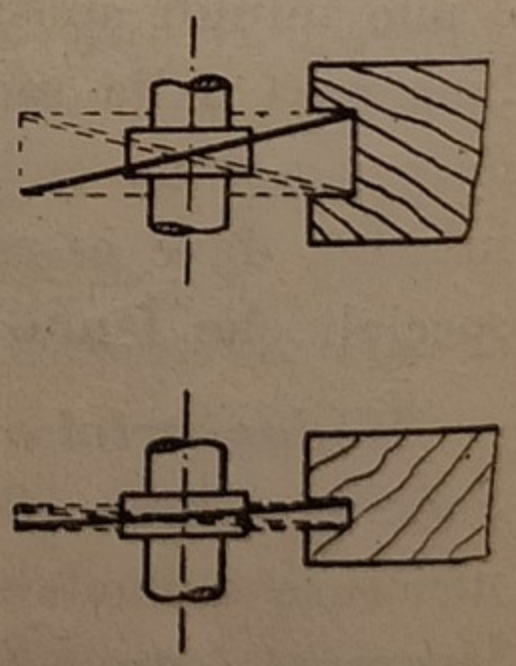


Fig. 119.

I denti del disco, ruotando, descrivono un cilindro di altezza uguale alla proiezione del disco sull'asse di rotazione (fig. 119).

Il porta-utensile consente di variare l'angolo di inclinazione del disco e, quindi, di praticare scanalature di vario spessore.

La più comune modanatrice è rappresentata dalla (fig. 120). Il banco parallelepipedo *B*, internamente cavo, porta superiormente la tavola fissa *T*, sulla quale si poggia il pezzo *P* che può scorrere ed avanzare lungo due guide *G* colle facce verticali disposte sullo stesso piano e distaccate quanto basta per dar passaggio all' utensile girante (trottola) *U*. Tale utensile è fissato, con viti di pressione o mediante anelli e bulloni di serraggio, in testa all' albero rotante *A*.

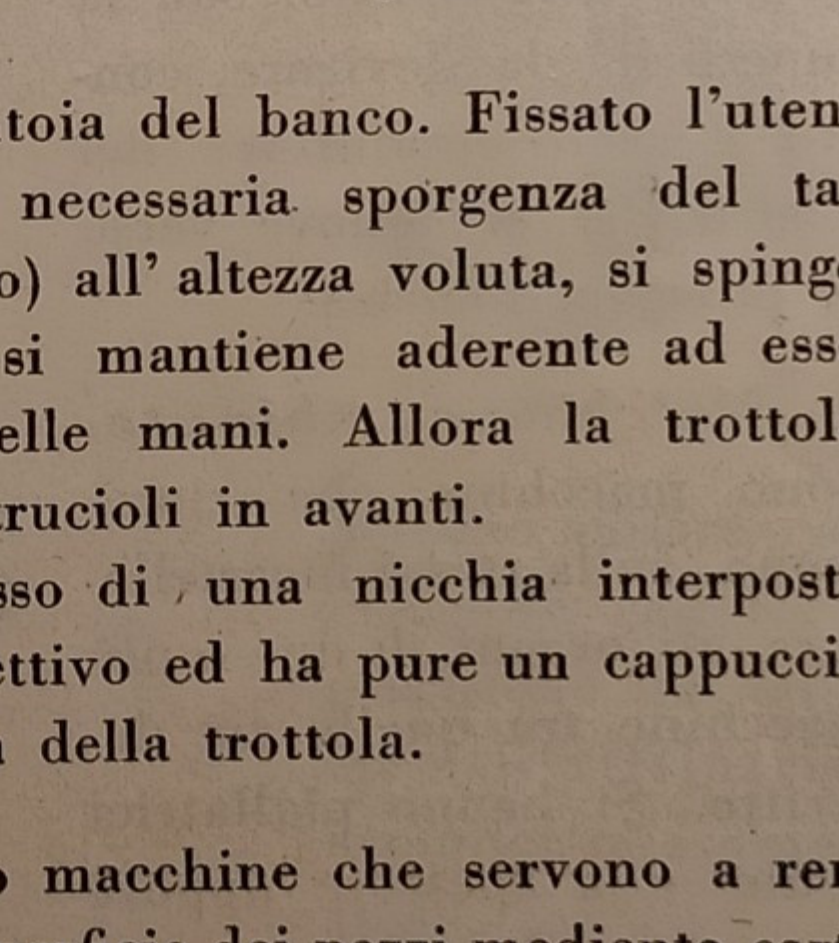


Fig. 120.

Questo gira in appositi supporti sostenuti da una slitta verticale *S* che può alzarsi od abbassarsi, per dar la necessaria altezza all' utensile, mediante il volantino a vite *V*. Sull'albero è calettato un tamburo T_1 che riceve il moto di rotazione da una cinghia *C* passante attraverso una larga feritoia del banco. Fissato l'utensile sulla testa dell' albero (colla necessaria sporgenza del tagliente, se si tratta di un coltello) all' altezza voluta, si spinge il pezzo lungo le guide e lo si mantiene aderente ad esse ed alla tavola colla pressione delle mani. Allora la trottola incava il pezzo proiettandone i trucioli in avanti.

La macchina è provvista spesso di una nicchia interposta tra le guide come schermo protettivo ed ha pure un cappuccio di rete od un disco di copertura della trottola.

Levigatrici o pulitrici. Sono macchine che servono a rendere liscia il più possibile la superficie dei pezzi mediante carta o tela vetrata.

Levigatrice a disco. Il pezzo poggia sulla tavola e viene spinto, con la superficie da levigare, contro un disco ricoperto

di carta vetrata e ruotante intorno ad un asse orizzontale. Generalmente la macchina porta due dischi, uno a ciascun estremo dell' albero, ovvero porta un disco ed un cilindro anch' esso ricoperto di carta vetrata (fig. 121).

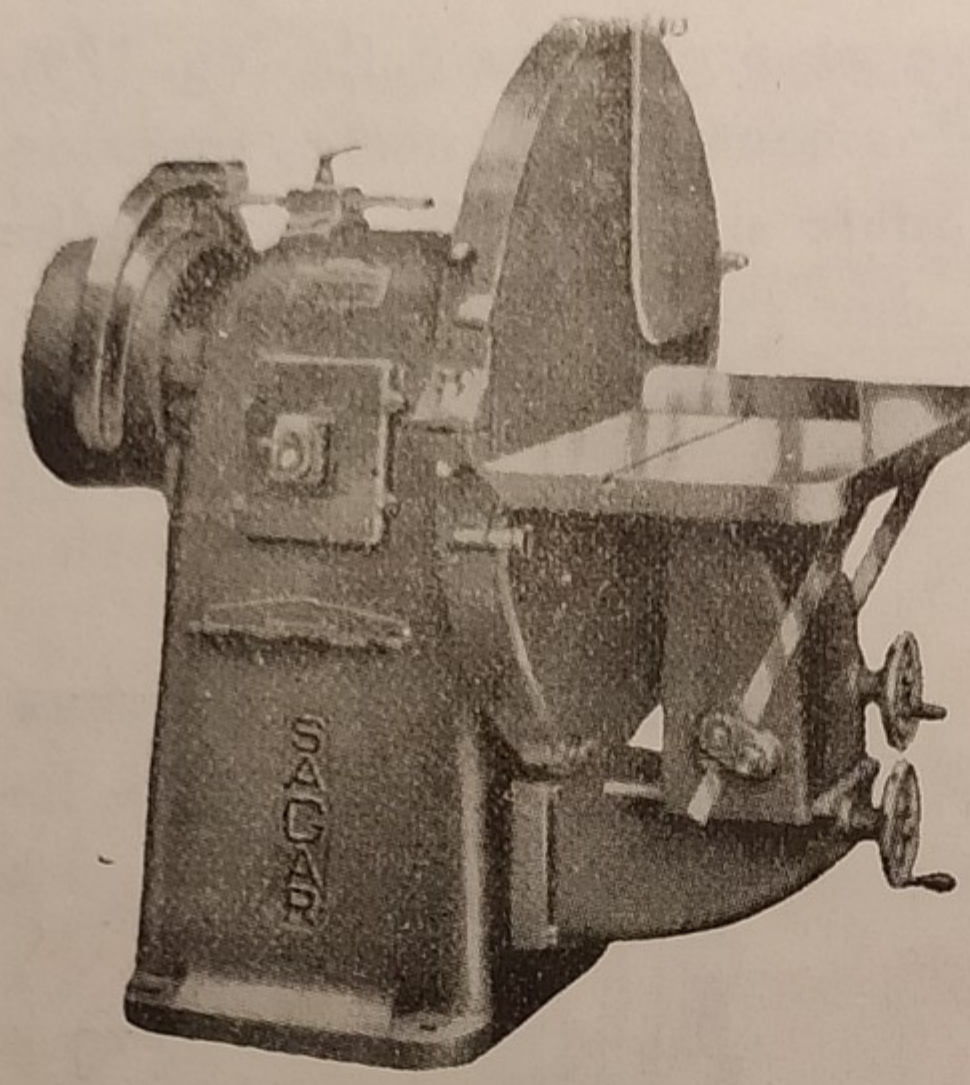


Fig. 121.

Levigatrice a nastro, (fig. 122).

Un nastro di carta vetrata. opportunatamente rinforzato e con la superficie vetrata verso l' esterno, è teso, come una cinghia, tra due pulegge. La puleggia motrice ha l'asse fisso mentre quella condotta ha l' asse registrabile (mediante una vite) che consente di regolare la tensione del nastro.

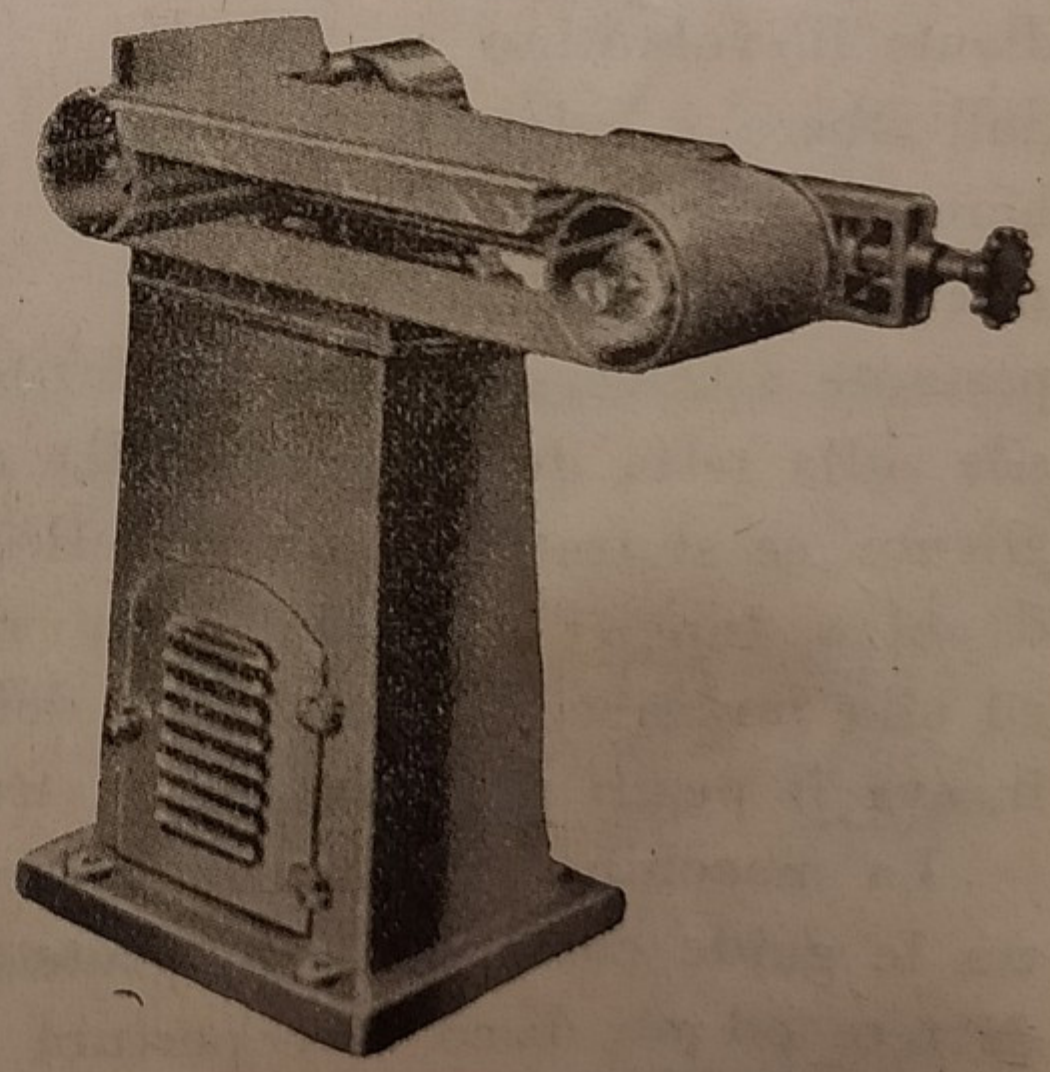


Fig. 122.

Il pezzo poggia sulla tavola e viene spinto, con la superficie da levigare, contro il ramo conduttore del nastro che si muove verso la puleggia motrice.

Macchine combinate. Sono macchine che riuniscono, sulla stessa incastellatura, gli organi di due o più macchine tra quelle già descritte. Si hanno piallatrici a filo e a spessore oppure segatrice a disco con fresatrice e mortasatrice, ecc.

§ 33. - Affilatura degli utensili.

Gli utensili, con l'uso, si consumano, si deteriorano e perdono il loro tagliente. Si chiama affilatura l'operazione con cui si rendono taglienti gli spigoli lavoranti di un utensile.

Le seghe a mano e quelle a disco si affilano mediante lime di forma adatta al profilo dei denti.

Gli utensili di pialla, gli scalpelli, le sgorbie ed alcuni utensili da fresatrice si affilano con la molatrice che è la più semplice affilatrice. Essa è costituita da una mola ad asse orizzontale disposta sopra una vaschetta (vedi anche n. 21). La superficie da affilare viene appoggiata sulla mola in rotazione che è mantenuta umida con acqua (fig. 123). Dopo l'affilatura sulla mola si ripassa il tagliente con una pietra d'India e si tolgono le sbavature.

Fig. 123.

Le seghe a disco e quelle a nastro si possono affilare con maggiore celerità e precisione mediante speciali affilatrici semplici o automatiche.

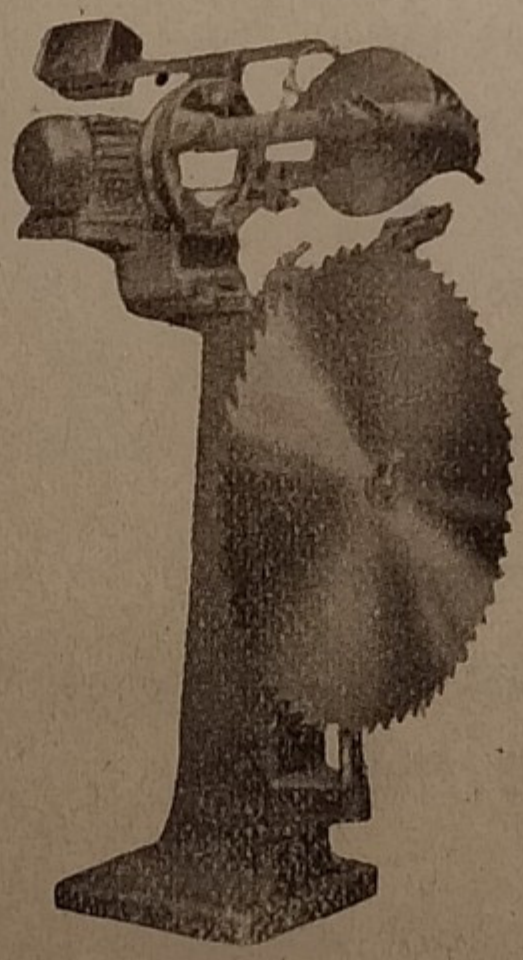


Fig. 124.

La (figura 124) mostra una affilatrice semplice per sega a disco.

Anche per le lame da piallatrice che, data la loro lunghezza

si affilerebbero con difficoltà con la molatrice ordinaria, si usano apposite affilatrici con mola a tazza (fig. 125). La lama da affilare viene fissata su un porta-lama inclinabile che permette

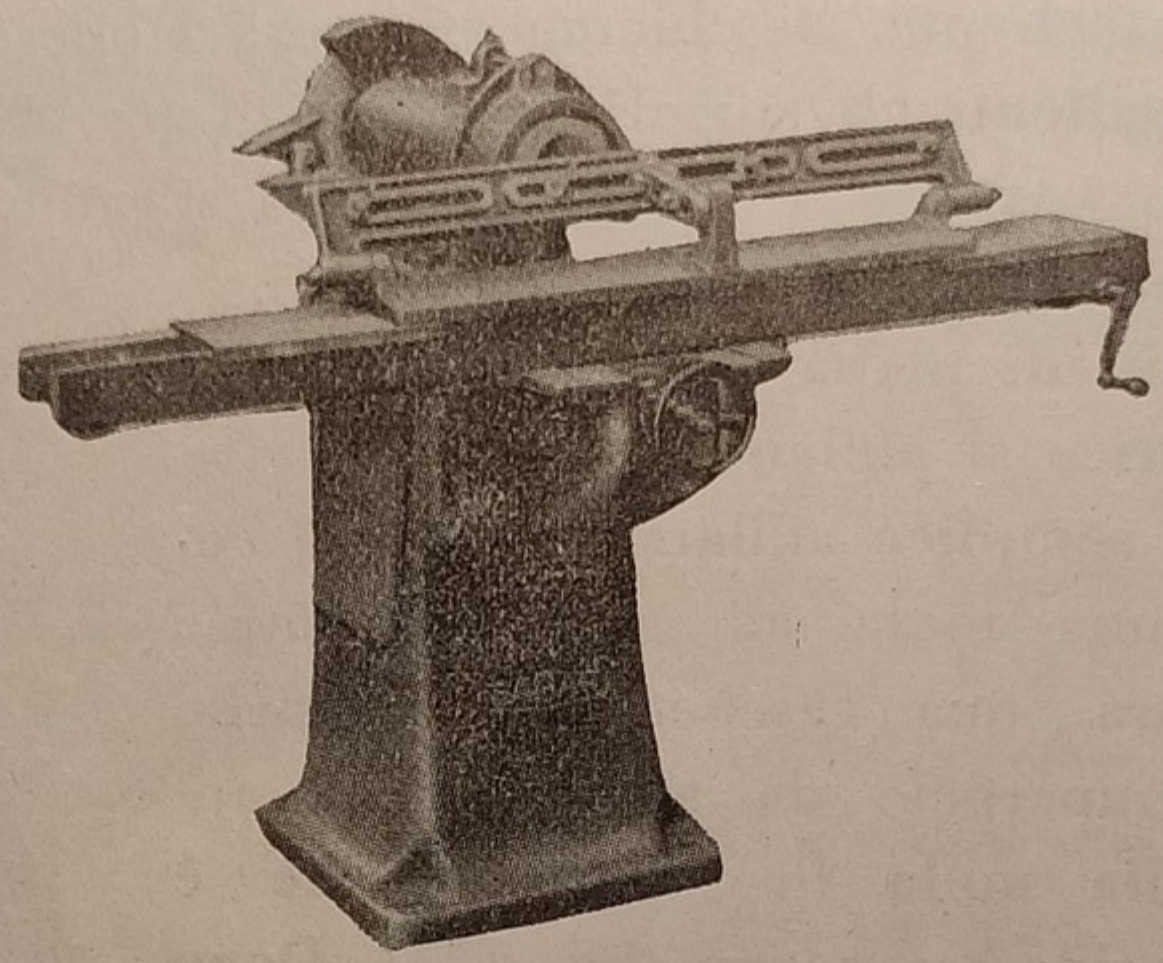


Fig. 125.

di realizzare l'angolo di taglio richiesto ed è scorrevole su guide. La slitta, comandata a mano, consente di avvicinare la lama alla mola.

PARTE SECONDA

NOZIONI SUI METALLI

§ 1. - Tecnologia Meccanica.

E' la scienza che studia le diverse operazioni con cui si trasformano le materie prime naturali o artificiali in prodotti industriali finiti.

Per materie prime intendiamo tutte le sostanze che vengono lavorate.

Per prodotti finiti gli oggetti che si ottengono dalla lavorazione.

Le industrie metallurgiche sono quelle che hanno per materia prima i minerali, e per prodotto i metalli in essi contenuti.

I metalli sono materia prima per le *fonderie* che ne fanno oggetti fusi, e per le *fucine* che ne fanno pezzi fucinati o laminati. I pezzi grezzi così ottenuti, costituiscono poi la materia prima per l' industria meccanica, che li trasforma in organi di macchine e macchine.

§ 2. - Proprietà tecnologiche e meccaniche dei metalli.

L' industria moderna esige per ogni oggetto da costruirsi i metalli più adatti alla buona riuscita dell' oggetto stesso. Per questo è necessario conoscere *le proprietà dei metalli.* Dette proprietà si suddividono in due categorie: *Proprietà tecnologiche e proprietà meccaniche*; TECNOLOGICHE *quelle che in-*

dicano l'attitudine del metallo alle diverse specie di lavorazione, MECCANICHE *quelle che indicano l'attitudine del metallo a sopportare l'azione delle forze che tendono a romperlo o a deformarlo.*

§ 3. - Proprietà tecnologiche.

Le proprietà tecnologiche sono cinque: *Duttilità, malleabilità, fusibilità, saldabilità, e temperabilità.*

1° - *La duttilità è l'attitudine del metallo ad essere ridotto in fili.* Il grado di duttilità si desume dall'*allungamento percentuale* (allungamento di un tondino lungo 100 mm.) e *dalla contrazione percentuale* (diminuzione di sezione dello stesso tondino per ogni 100 mm^2) che subisce il metallo prima di rompersi, allorchè viene sottoposto a sforzo di trazione in modo continuo e con forza gradualmente crescente.

$$A = \frac{L_v - L_o}{L_o} \times 100 \qquad C\,\% = \frac{S_o - S_v}{S_o} \times 100$$

L_o, S_o lunghezza e sezione in mm. e mm^2 prima della rottura, L_v, S_v *idem, dopo.*

2° - *La Malleabilità è l'attitudine di un metallo a foggiarsi sotto pressione lenta o violenta, ossia quando venga battuto col maglio o colla mazza, oppure premuto dalla pressa o dal laminatoio.* Grazie a questa proprietà un metallo si presta ad essere ridotto in lamine, fucinato, stampato o laminato. Il grado di malleabilità si può conoscere per via sperimentale (fucinando il metallo, ossia piegandolo, stirandolo e rincalcandolo).

3° - *La fusibilità è l'attitudine di un metallo a fondersi con minore o maggiore facilità.* Il grado di fusibilità di un metallo dipende dal punto di fusione del metallo stesso (ossia dalla temperatura in cui il metallo diventa liquido) e dalla maggiore o minore fluidità che raggiunge allo stato fuso. La ghisa grigia che fonde a 1200° è *abbastanza fusibile*; il ferro dolce che fonde a 1600° è *di difficile fusione*; il cromo (1800°), il pla-

tino ($\sim 1800^0$) e il tungsteno ($\sim 3300^0$), sono *metalli refrattari* ossia *di difficilissima fusione*. Le leghe bianche invece (piombo-stagno-antimonio o bismuto) fondono tutte fra i 90^0 e i 160^0. Per queste sono dette *fusibilissime*. Il rame, pur avendo un punto di fusione non troppo alto (1080^0) non è industrialmente fusibile; perchè, fondendo, diventa pastoso.

4° - *La saldabilità è l'attitudine propria a due pezzi dello stesso metallo di congiungersi insieme allorchè vengano portati ad una adatta temperatura* (*calore saldante*), *sovrapposti ed infine battuti colla mazza o col maglio*. Questa operazione si chiama *bollitura*. La saldabilità di un metallo si può desumere solo sperimentalmente, ossia provando la riuscita della bollitura.

5° - *La temperabilità è l'attitudine di un metallo a temperarsi ossia a modificare la propria durezza.*

La tempera può essere quindi *positiva* o *negativa*. *Positiva* se produce aumento di durezza, *negativa* se produce diminuzione (*addolcimento*). La ghisa e l'acciaio ordinario si temperano positivamente; il rame e il bronzo si temperano negativamente.

§ 4. - Proprietà meccaniche.

Le proprietà meccaniche si riducono a quattro: *Durezza, elasticità, resistenza, resilienza.*

1° - *La durezza di un metallo è la sua resistenza alla penetrazione da parte di una sferetta d'acciaio durissimo che viene premuta sopra una superficie levigata del metallo stesso*, mediante una pressa speciale (apparecchio Brinell). Il metallo è tanto più duro, quanto più piccolo è il diametro d dell'impronta lasciatavi dalla sferetta. Da tale diametro si ricava un numero (numero Brinell), che si assume come indice di durezza del metallo.

$$Hd = \frac{P}{S}$$

P = forza premente in Kg. — S = superficie dell' impronta in mm^2).]

Per gli acciai *Hd* varia tra 100 e 400 e più Kg./ mm^2.

Per determinare la durezza Brinell si misura il diametro *d*, (vedi fig. 1) in mm., e si applica la formula:

$$Hd = \frac{2\ P.}{\pi\ D\ (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

P, carico applicato sulla sfera, in Kg.

D, diametro della sfera, in mm.

Per specificare le condizioni della prova si fa seguire il simbolo *Hd* dai numeri che indicano il diametro della sfera, il carico e la durata di applicazione.

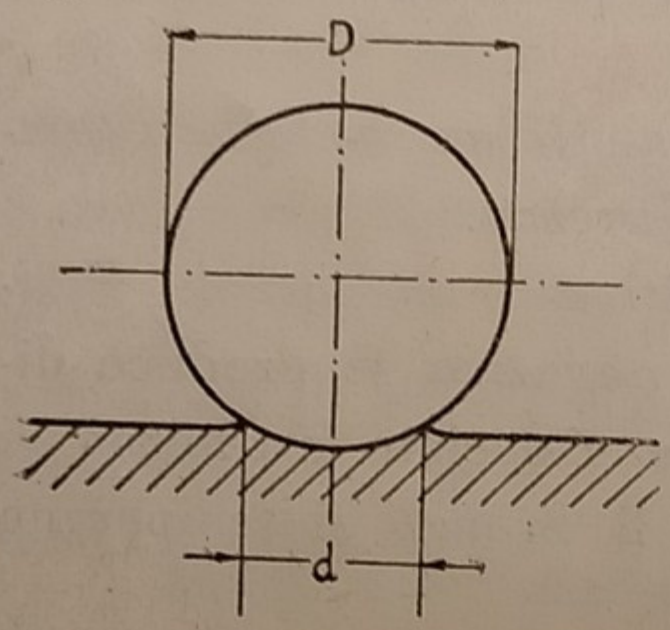


Fig. 1.

Per es. *Hd* 5/250/15 indica la durezza Brinell determinata con sfera avente D=5 mm. e carico P=250 Kg. applicato per 15 secondi. Per i materiali aventi durezza Brinell maggiore di 400 è preferibile ricorrere ad altri metodi di prova e, inoltre, il metodo non è adatto alla determinazione della durezza dei pezzi che sono stati induriti alla superficie (vedi trattamenti termici).

Altri metodi per la determinazione della durezza sono i seguenti:

Prova di durezza Vickers (HV). È analoga alla prova Brinell ma presenta il vantaggio di poter essere impiegata per materiali di qualunque durezza o che abbiano subito un trattamento atto ad indurire la superficie.

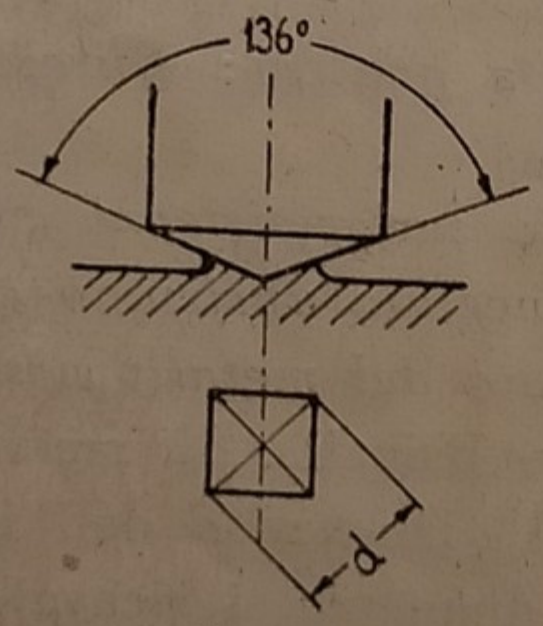


Fig. 2.

Nella prova Vickers si usa un penetratore con punta piramidale di diamante (fig. 2) avente l' angolo diedro di 136° (angolo di attacco).

Il carico a cui è sottoposto il penetratore è, al massimo, di 150 Kg. e l'impronta risulta assai piccola. I numeri che esprimono la durezza Vickers corrispondono esattamente a quelli Brinell per materiali di media e bassa durezza, poi risultano più elevati e più esatti.

Prova di durezza Rockwell. Presenta, rispetto alla prova Brinell, il vantaggio di poter essere impiegata per materiali di qualunque durezza e lascia un' impronta piccola cosicchè il pezzo resta meno danneggiato.

Il penetratore (fig. 3) è un cono di diamante con angolo di apertura di 120° per materiali duri *(H Rc)* o una sferetta di acciaio per materiali teneri

(H Rb). I numeri che esprimono la durezza Rockwell, contrariamente a quelli Brinell, hanno significato puramente convenzionale.

Prova di durezza Shore. Da una certa altezza si lascia cadere, sulla superficie del pezzo da misurare, un percussore cilindrico terminante con una sferetta di diamante. La durezza è data dall'altezza di risalita per rimbalzo.

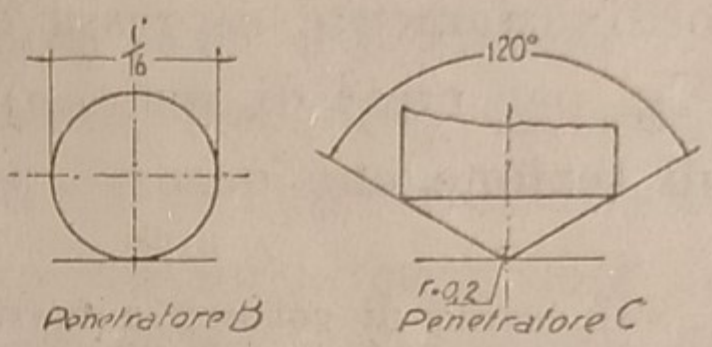


Fig. 3.

L' apparecchio (scleroscopio) si usa generalmente per il controllo di piccole differenze di durezza.

2° - *L' elasticità è l' attitudine di un metallo a deformarsi sotto l' azione di una forza esterna ed a riprendere la forma primitiva appena cessata la forza agente.* Vi sono quattro specie di elasticità: *A pressione, a trazione, a flessione* e *a torsione.* Queste proprietà vengono misurate con macchine e apparecchi speciali, di cui i più comuni sono i *flessimetri* e i *torsiometri.*

3° - *La resistenza è l'attitudine di un metallo a sopportare le sollecitazioni che tendono a romperlo o a deformarlo.*

Le sollecitazioni possono essere semplici e composte. Quelle semplici sono cinque: *Pressione* (fig. 4), *trazione* (fig. 5), *flessione* (fig. 6), *torsione* (fig. 7), *e taglio* (fig. 8).

Fig. 4

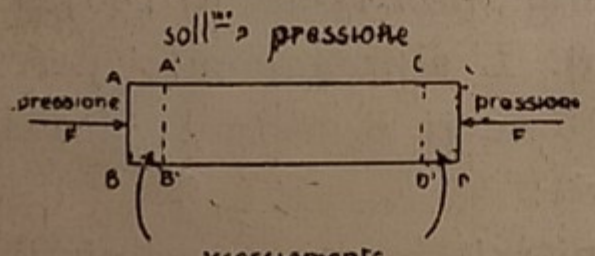


Fig. 5

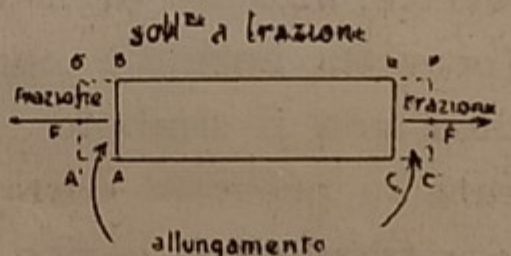
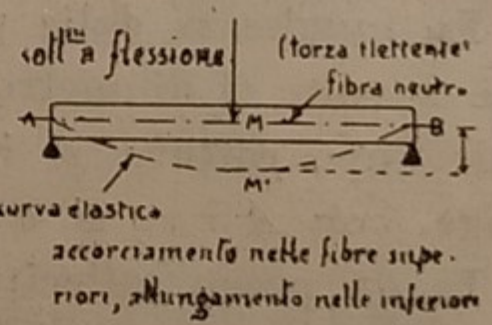


Fig. 6



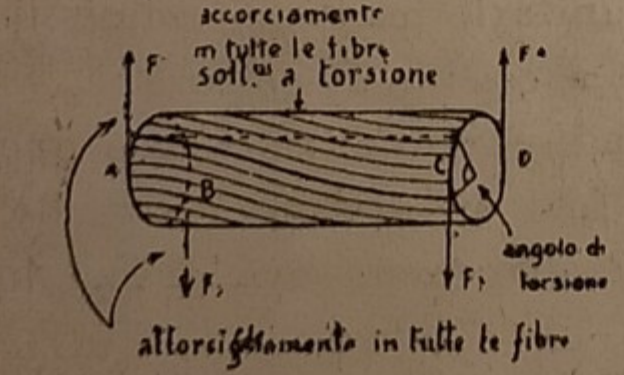


Fig. 7

Fig 8

Le sollecitazioni composte sono quelle risultanti da due o più sollecitazioni semplici agenti contemporaneamente.

Si chiama poi *tenacità* di un metallo la resistenza che esso oppone ad essere tirato con forza senza strapparsi. Essa viene ordinariamente espressa dal carico di rottura a trazione R (in Kg. per mm^2 di sezione) ossia dalla forza di trazione per mm^2 di sezione che occorre per rompere una barretta del metallo.

Il carico di rottura a trazione si determina applicando ad una barretta del metallo (provetta) un carico P Kg. gradatamente crescente fino a rottura della provetta. Generalmente si usa una provetta a sezione circolare

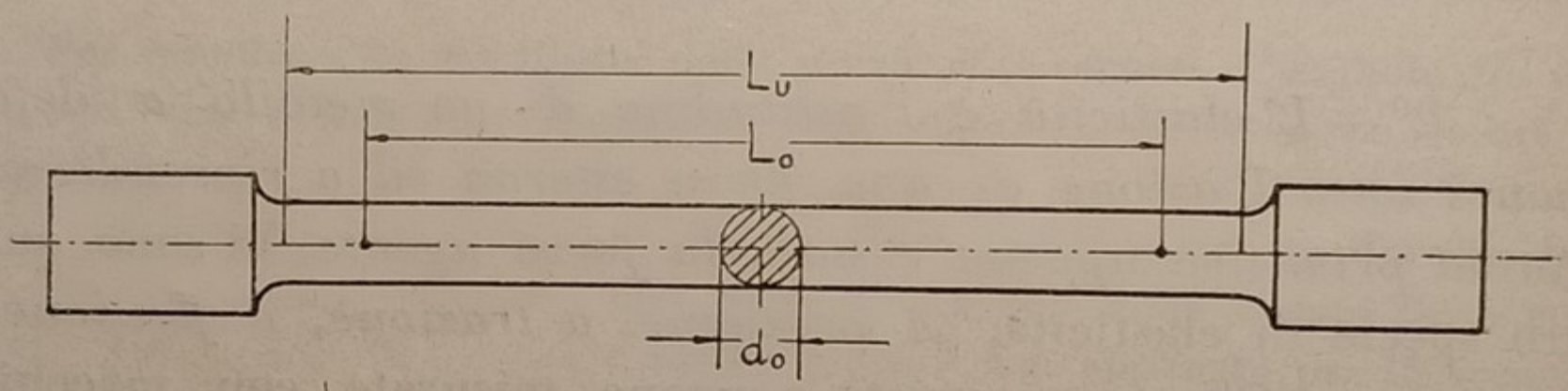


Fig. 9.

del diametro di 20 mm. avente la lunghezza utile di 200 mm., cioè 10 volte il diametro (provetta normale lunga fig. 9). L' area S_o della sezione risulta :

$$S_o = \pi r^2 = \sim 3{,}14 \times 10^2 = 3{,}14 \times 100 = 314 \text{ mm}^2$$

La provetta può considerarsi composta di 314 fili ciascuno dalla sezione di 1 mm.^{2} Se, ad es., la provetta si rompe con un carico massimo $P = 1500$ Kg. il carico unitario di rottura a trazione R (cioè il carico necessario per rompere uno dei 314 fili) sarà :

$$R = \frac{P}{S_o} = \frac{15000}{314} = 47{,}77 \text{ Kg./mm}^2$$

La lunghezza della provetta, anzichè di 200 mm., può essere di 100 mm., cioè 5 volte il diametro (provetta normale corta). L' allungamento percentuale dopo rottura si indica con il simbolo $A\,10$ se si è usata la provetta lunga, con $A\,5$ se si è usata la provetta corta.

In un pezzo sollecitato a trazione il carico unitario massimo ammissibile (carico di sicurezza) deve essere assai inferiore a quello di rottura.

Si chiama *grado di sicurezza* il rapporto tra il carico di rottura e quello di sicurezza. Ad es. per i materiali metallici fusi si assume un grado di sicurezza compreso tra 6 ed 8 (cioè il carico di sicurezza sarà, al massimo, la sesta parte del carico di rottura).

Un valore approssimato del carico di rottura a trazione può ottenersi, per gli acc. al carbonio, moltiplicando il numero che esprime la durezza Brinell per il fattore 0,34. Si ha cioè : $R = 0{,}34 \times Hd$. Se, ad es., un acciaio al carbonio ha durezza Brinell $Hd = 150$ risulterà approssimativamente : $R = 0{,}34 \times 150 = 51$ Kg./mm.^{2}

4° - *La resilienza è la resistenza che offre un metallo alla rottura per urto.* Si determina rompendo, col pendolo di Sharpy, una barretta di sezione rettangolare del metallo da sperimentare. Tale barretta viene preparata facendovi un solco in mezzeria, in corrispondenza del punto in cui viene colpita dal pendolo. Questo è lasciato cadere da un' altezza nota H (fig. 10), rompe la provetta con un sol colpo e poi risale ad un' altezza h che si determina in base ad una lettura fatta su adatta graduazione. Se P è il peso della mazza del pendolo, il lavoro meccanico consumatosi nella rottura è $L = P \times (H - h)$ ossia *è eguale al prodotto del peso in Kg. per la differenza tra l' altezza di caduta e quella di risalita espressa in metri.* Il prodotto risulta espresso in *chilogrammetri* (Kgm). Dividendo tale lavoro per la superficie in cm^2 della sezione della barretta, si ha il *grado di resilienza* (K) del metallo provato, in $Kgm./cm^2$.

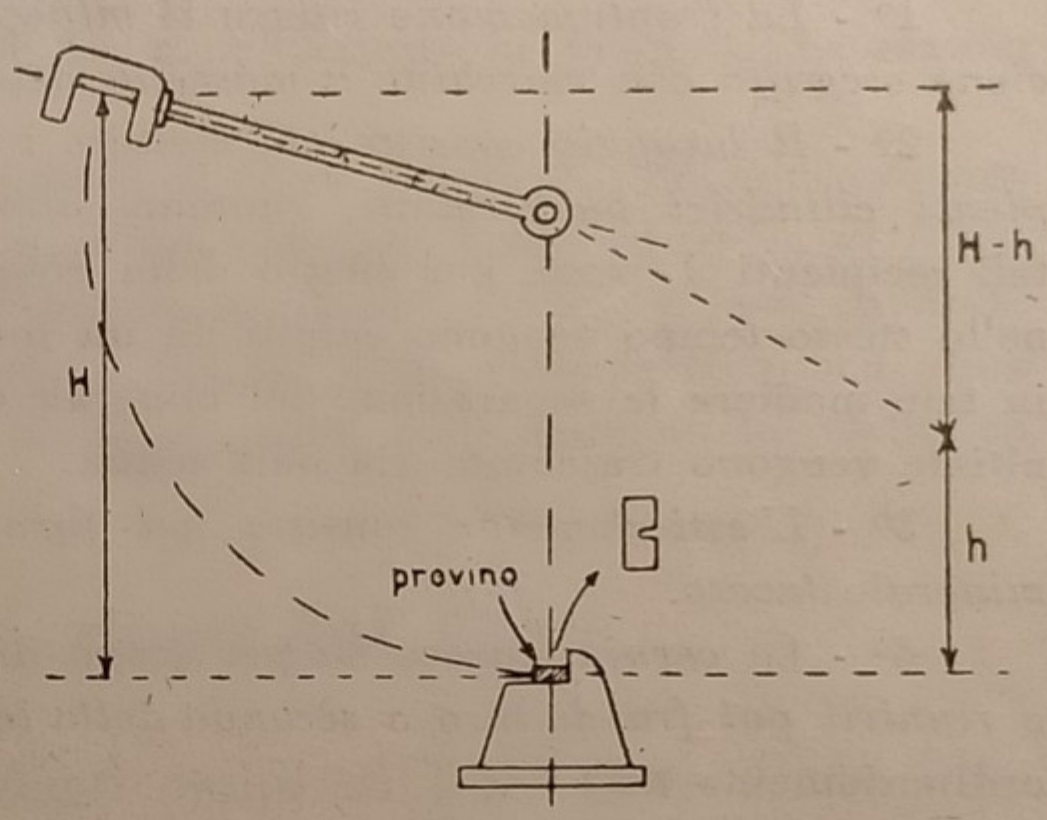


Fig. 10.

Il numero $\frac{1}{K}$ *inverso del grado di resilienza, si chiama* GRADO DI FRAGILITÀ DEL METALLO.

§ 5. - Industrie minerarie e metallurgiche.

I metalli difficilmente si trovano in natura allo stato libero, ma ordinariamente combinati chimicamente con altre sostanze. *Questi composti chimici naturali (ossidi, solfuri, carbonati, solfati, silicati, ecc.) dei metalli si dicono minerali.* Inoltre i minerali non sono neppure essi stessi allo stato puro, perchè contengono spesso materie estranee e sono sempre racchiusi in una roccia detta *Roccia Madre o Ganga.*

Le miniere, ossia gli appezzamenti di terreno in cui si trovano i minerali, si dicono industriali solo quando il minerale in esse contenuto possiede

una quantità di metallo sufficiente a compensare con qualche utile le spese di impianto e di esercizio della miniera. Le industrie minerarie hanno il compito di ricercare e coltivare le miniere industriali allo scopo di estrarne il minerale e spedirlo, convenientemente preparato, all' industrie metallurgiche, alle quali spetta il compito di ricavarne il metallo. A tale scopo si *praticano accessi*, si *scavano pozzi e gallerie*, si fanno impianti di trasporto, di forza motrice, di luce e di aereazione. Fatto ciò, si estrae il minerale dalla ganga a colpi di piccone e di mina.

I grossi blocchi così ottenuti vengono in seguito sottoposti a quattro operazioni successive: *Frantumazione, lavaggio, essiccamento, cernita.*

1° - *La frantumazione riduce il minerale in pezzi maneggiabili. Essa viene eseguita con macchine a mascella dette* Frantoi (concasseurs).

2° - *Il lavaggio consiste nel mettere i pezzi di minerale dentro recipienti cilindrici bucherellati, ruotanti attorno ad assi inclinati.* Dentro tali recipienti i pezzi, per effetto della rotazione, si urtano fra di loro e nello stesso tempo vengono colpiti da un forte getto d' acqua. Si procura in tale maniera la separazione del minerale dalle sostanze estranee e queste ultime vengono trascinate via dall' acqua.

3° - *L' essiccamento consiste nel fare asciugare all'aria aperta il minerale lavato.*

4° - *La cernita invece ha per scopo di separare i pezzi del minerale e riunirli poi fra di loro a seconda della loro qualità.* Queste qualità sono ordinariamente tre:

1° - *Minerale povero.*

2° - *Minerale medio.*

3° - *Minerale ricco.*

Se si tratta di minerale di ferro, il povero contiene dal 20 % al 30 %; il medio dal 30 % al 50 % e il ricco più del 50 % di metallo.

Il metodo di estrazione dei metalli dai loro minerali, varia secondo la natura del metallo e la composizione chimica del minerale. Per questo ogni metallo ha una sua speciale metallurgia. *La metallurgia del ferro, ossia l'estrazione del ferro dai suoi minerali, prende il nome di siderurgia.*

§ 6. - Minerali industriali del ferro.

I minerali industriali del ferro sono quattro: *Magnetite, ematite, limonite, siderite.*

1° - *La magnetite è un ossido di ferro* ($Fe_3 O_4$) *di struttura cristallina, di colore caffè o nerastro. Il suo contenuto di ferro è al massimo del 72%.*

2° - *L' ematite* (dal greco ema = sangue) *è anch' essa un' ossido di ferro* ($Fe_2 O_3$) *meno ricco della magnetite.* L' ematite si presenta sotto

forma amorfa, compatta, di colore rosso o bruno *(ematite rossa e bruna)*, terrosa e rossa *(ocra rossa)* oppure cristallina, lamellare, nera e lucente, con riflessi rossastri *(oligisto)*. In Italia abbiamo oligisto nell'Isola d' Elba. Nella Valle d' Aosta si trova l' ematite, però la miniera più importante di questa trovasi in Spagna, la quale è atta a fornire quasi tutti i principali stabilimenti siderurgici europei. L' ematite rossa è più ricca di quella bruna; la prima contiene fino a 70 % di ferro mentre la seconda arriva al 60 %.

3° - *La limonite è un idrossido* (idrogeno, ossigeno, ferro: 3 Fe_2 O_3 + 2 H_2 O) *contenente il 60 % di ferro. Può essere amorfa, di color giallo o bruno, oppure cristallizzata sotto forma di stallatiti o finalmente terrosa e gialla* (ocra gialla).

In Italia trovasi in Valle d' Aosta, all' estero in Francia, Germania, Ungheria, America ecc.

4° - *La siderite è un carbonato di ferro* (Fe C O_3) *di colore bianco giallastro sporco, di struttura cristallina, contenente fino al 50 % di ferro.* Spesso è associata all' argilla (*siderite argillosa*) come avviene in certe miniere della Francia, Germania, e Belgio; altre volte la troviamo unita al carbon fossile (*siderite carboniosa*) come nelle miniere del Galles in Inghilterra.

§ 7. - Estrazione del ferro.

Il ferro viene estratto dagli ossidi di ferro naturali (magnetite ed ematite) oppure da quelli artificiali (ottenuti arrostendo gli altri minerali).

L' ossido di ferro posto nell' alto forno perde l' ossigeno e diventa ferro, ma questo ferro non è puro, perchè contiene una forte quantità di carbonio, oltre sostanze estranee (silicio, manganese, fosforo e zolfo) e perciò si chiama *ferraccio o ghisa.*

Dalla ghisa, con successive affinazioni od epurazioni, si hanno poi, mediante altre specie di forni, prima l' *acciaio* e poi il *ferro dolce. La ghisa, l' acciaio e il ferro dolce costituiscono i prodotti siderurgici.*

§ 8. - Prodotti siderurgici.

La ghisa è una lega di ferro e carbonio contenente dal 2 % al 6 % di carbonio; non è generalmente malleabile, ma è temperabile.

L' acciaio è una lega di ferro e di carbonio contenente dal 0,3 % al 2 % di carbonio; è più o meno malleabile e temperabile.

Il ferro dolce è anch' esso una lega di ferro e carbonio, ma non contiene più del 0,3 % di carbonio; è malleabile, ma non temperabile.

§ 9. - Fabbricazione della ghisa (alti forni).

La ghisa viene prodotta dagli alti forni (fig. 11), che sono larghi da 5 a 10 m. ed altri da 20 a 30 m. Un alto forno è costituito da tre parti: La parte superiore, *tronco conica*, con la base maggiore in basso (detta *tino*); la parte *tronco conica intermedia*, colla base maggiore in alto (*ventre* o *sacca*) e la parte cilindrica inferiore detta *crogiuolo* (o *laboratorio*).

Nel crogiuolo si distingue:

1° - il *foro di colata* posto al livello della *soglia* o *platea*:

2° - il *foro d'uscita delle scorie* (bocca di *Lurman*) posto nella parte superiore del crogiuolo;

3° - gli *ugelli* o *soffiatori* che hanno per scopo di soffiare l' aria compressa, ad una atmosfera e mezza di pressione, nel carbone del forno.

Gli ugelli sono di bronzo fosforoso e vengono raffreddati continuamente da spruzzi di acqua corrente. Di tali ugelli ve ne sono otto, disposti su due circonferenze nella parte superiore del crogiuolo, sopra la bocca di Lurman.

L' aria compressa viene mandata negli ugelli dalle macchine soffianti per mezzo di un tubo.

La bocca dell' alto forno può essere aperta o chiusa mediante un sistema di chiusura formato di una tramoggia e di un cappello conico che può alzarsi od abbassarsi mediante una catena mossa meccanicamente.

Durante il funzionamento del forno la bocca è chiusa e i gas prodotti dalla combustione non vengono mandati nell' aria (perchè, trovandosi a 300° di temperatura, si perderebbe una rilevante quantità di calore), ma vengono mandati, attraverso un tubo, al *ricuperatore*.

È questo un apparecchio utilizzante il calore dei gas per il riscaldamento dell' aria che deve andare negli ugelli e che fa risparmiare, in questo modo, una discreta percentuale di combustibile.

Per comprendere come l' ossido di ferro diventi ghisa, bisogna pensare che l' alto forno, quando funziona, è diviso in cinque zone:

1° - *Zona di essiccazione* (300°) *dove il minerale si asciuga.*

2° - *Zona di riduzione* (400°/700°) *dove l'ossido di ferro, per azione dell' ossido di carbonio prodotto dall' incompleta combustione del carbone*

e dalla riduzione dell' anidride carbonica, perde l' ossigeno e diventa ferro spugnoso.

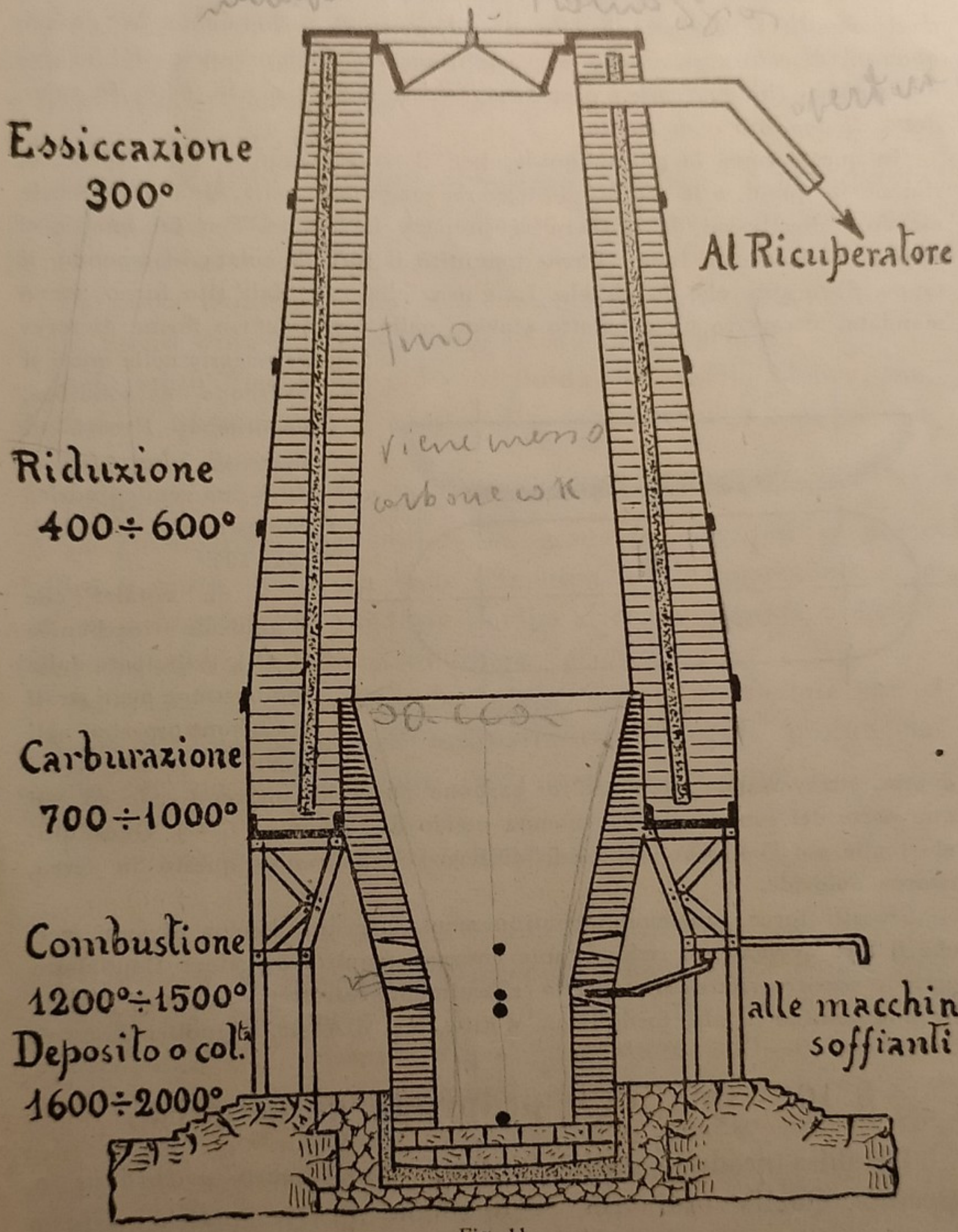


Fig. 11.

Nello stesso tempo i fondenti (materie che aiutano la fusione del minerale: silice, calce, argilla) cominciano a rammollirsi.

3° - *Zona di carburazione* (700°/1000°) *in cui il ferro spugnoso as-*

sorbe una certa quantità di carbonio, e diventa ghisa, mentre i fondenti fondono, si mescolano colle ceneri e danno origine alle scorie.

4° - *Zona di combustione* (1200°/1500°) *dove, per l'aria introdotta dagli ugelli, il carbone brucia completamente, sviluppando la grande quantità di calore necessaria per raggiungere la temperatura di fusione della ghisa. Questa fonde e precipita insieme con le scorie, nella* 5ª *zona, detta di deposito o di colata.*

In questa zona, la ghisa liquida, per il suo maggiore peso specifico, rimane in fondo, e le scorie, più leggere, vengono a galla. Quando le scorie escono dalla bocca di Lurman si prepara la colata. Per far questa, si stappa mediante un lungo ferro appuntito il foro di colata, rompendo il tappo di argilla che lo chiude. La ghisa, che esce dall'alto forno, viene mandata, attraverso un canaletto scavato nella terra, dentro forme di terra refrettaria nelle quali si raffredda e solidifica, costituendo i cosidetti *pani di ghisa* (solidi di forma semicilindrica con estremità sferiche). (fig. 12).

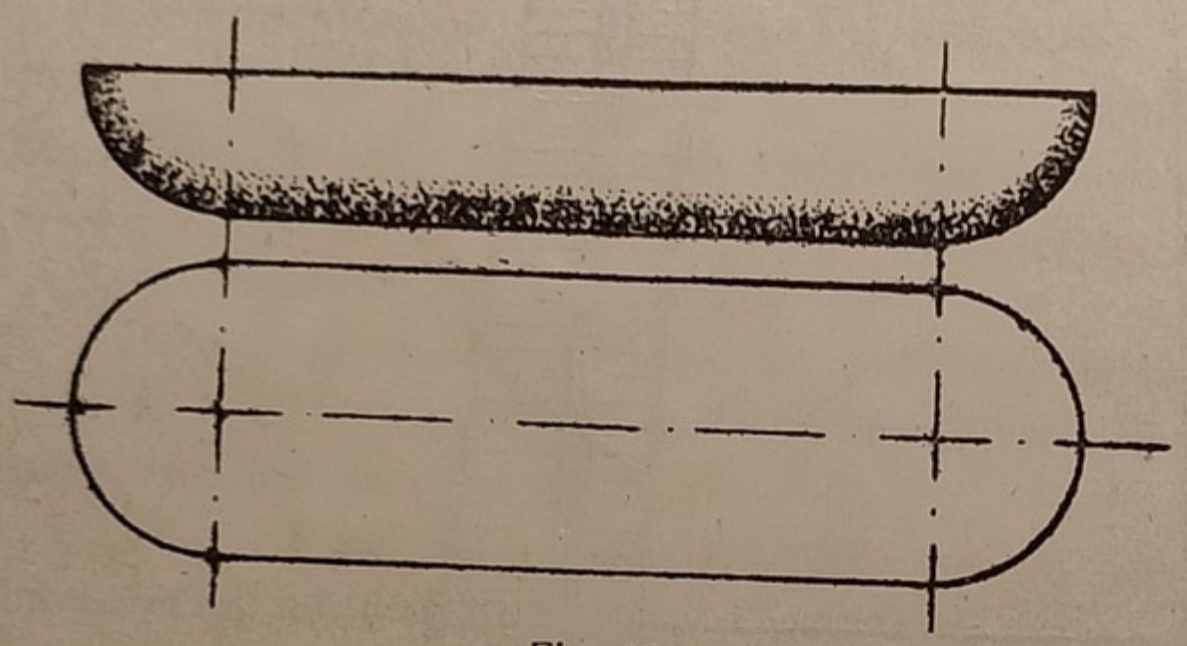


Fig 12.

È da notarsi che l'anidride carbonica ($C\,O_2$), sviluppata dalla combustione negli strati di carbone prossimi agli ugelli e quindi ricchi d'aria, attraversando gli strati di carbone poveri di ossigeno cede ad essi una parte del suo ossigeno e diventa ossido di carbonio ($C\,O$). Quest'ultimo toglie poi l'ossigeno all'ossido di ferro e, riducendo questo in ferro, ritorna anidride.

Gli alti forni funzionano continuamente per una diecina di anni, perchè il loro avviamento richiede una enorme quantità di calore. Dopo detto periodo occorre rifarne il *mantello* (rivestimento refrattario interno). L'italia ha una ventina di alti forni (Isola d'Elba, Val d'Aosta, Bagnoli e Trieste).

§ 10. - Qualità e proprietà della ghisa.

La ghisa prodotta dagli alti forni può essere *ordinaria* o *speciale*. Quella ordinaria si distingue in tre qualità: *Ghisa bianca, ghisa trotata* e *ghisa grigia*.

La ghisa speciale può essere: *Siliciosa*, *manganesifera* o *fosforosa*.

Le ghise ordinarie si usano nelle comuni operazioni di fon-

deria, quelle speciali per preparare acciai speciali e per altre operazioni siderurgiche.

La ghisa bianca è cristallina, di struttura lamellare o raggiata, di colore bianco splendente come l'argento, durissima e fragilissima (perchè non è attaccata dalla lima, mentre si frantuma col martello).

Fonde da 1050° a 1100° diventando pastosa; e per questa proprietà non può usarsi da sola in fonderia. Contiene carbonio combinato col ferro *(cementite)*.

La ghisa trotata è granulare, di colore simile alla pelle di trota, meno dura e meno fragile di quella bianca.

Allo stato fuso è un po' più fluida di quella bianca, ma, al pari di questa, non è adatta alla lavorazione e non si usa da sola in fonderia.

Fonde da 1100° a 1150°.

La ghisa grigia è granulare, di grana piccola, più o meno chiara o scura, si lavora bene alla lima e alle macchine e si usa comunemente in fonderia perchè diventa liquida a 1200°. Contiene carbonio allo stato libero *(grafite)*.

N. B. — Si prepara anche *ghisa grigia malleabile* che si ottiene da quella bianca ordinaria riscaldandola prolungatamente con sostanze ossidanti (vedi malleabilizzazione).

§ 11. - Fabbricazione del ferro.

Il ferro dolce è una lega di ferro e carbonio con non più del 0,3 % di quest' ultimo. Esattamente esso contiene dal 98,5 al 99,5 % di ferro puro; la piccola rimanenza del suo peso è rappresentata da carbonio, silicio, manganese, zolfo e fosforo.

Per ottenere il ferro è quindi necessario affinare od epurare la ghisa, togliendole tanto carbonio quanto occorre per ridurre la percentuale di questo elemento a non più del 0,3 %. Il metodo di affinazione della ghisa dipende dalla qualità di ferro che si desidera. Se si vuole *ferro saldato* o *puddellato* si ricorre al *fucinale*, oppure al *forno a riverbero*. Se si vuole *ferro fuso* od *omogeneo* si usa il *convertitore Bessemer* o il forno *Martin Siemens*.

§ 12. - Forno a riverbero.

Il forno a riverbero (fig. 13) è composto di quattro parti :

1o - *Il focolare munito di griglia e cinerario ;*

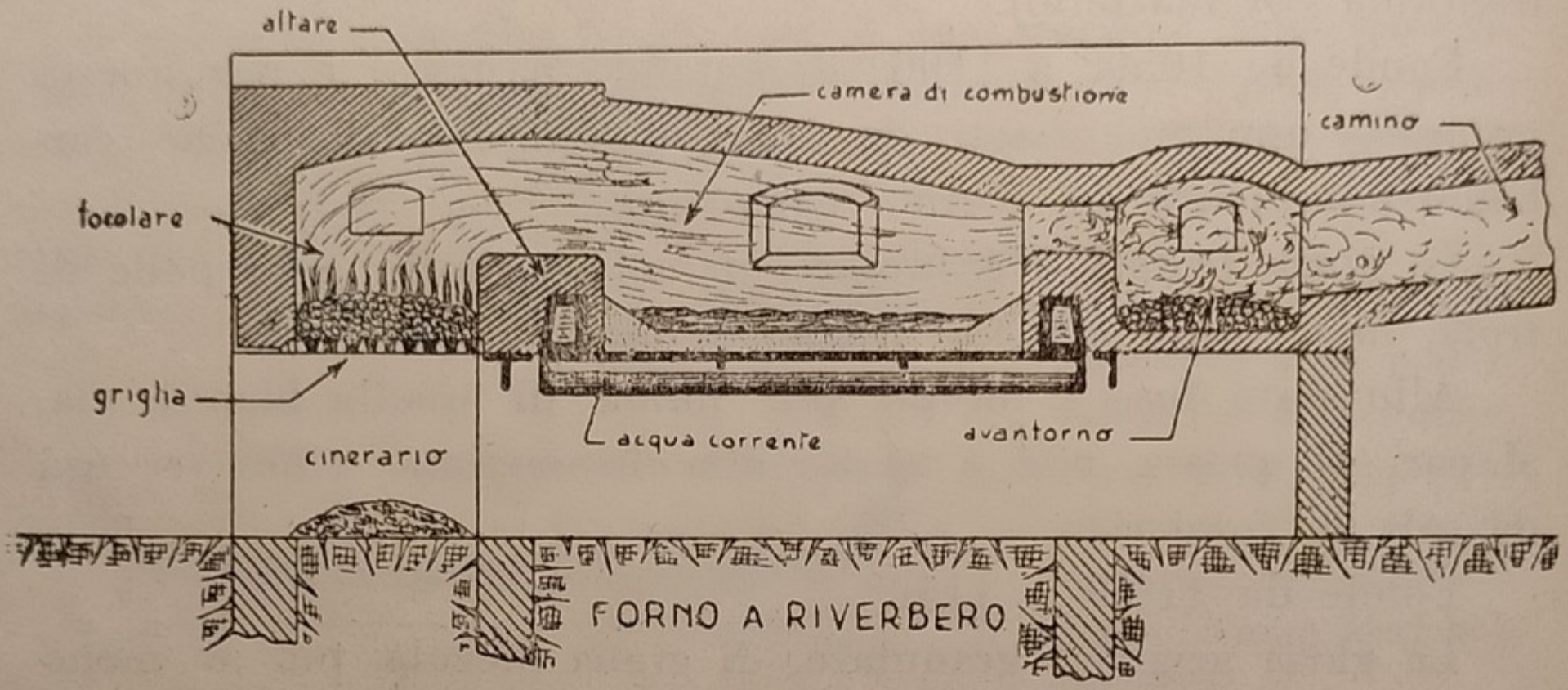


Fig. 13.

2o - *La camera di combustione*, formata di una vasca, e di una volta ricurva di materia refrattaria ;

3o - l' *avanforno*, nel quale si riscalda la ghisa prima di metterla nella camera di combustione ;

4o - il *camino*.

Nel focolare si dispone una strato di carbone fossile a lunga fiamma alto da 40 a 60 cm. La suola della camera di combustione è formata di un lastrone di ghisa, ricoperto di scorie e di ossido di ferro. La vasca è raffreddata da un sistema di circolazione ad acqua corrente. Fra il focolare e la camera di combustione, vi è un muretto che si chiama *altare*.

Le fiamme e i prodotti della combustione, scavalcano l'altare, percorrono tutta la camera di combustione, e riverberano il calore, per mezzo della volta, sulla ghisa in pezzi che si trova sulla platea. L' ossigeno introdotto con l' aria, e quello che si sviluppa per effetto del calore dall' ossido di ferro della suola, fanno bruciare le particelle di carbonio contenute nella ghisa e questa diventa ferro pastoso.

Un operaio intanto, servendosi di una lunga sbarra di ferro (*riavolo*), rimescola continuamente il ferro pastoso e ne forma delle masse rotonde. Queste, estratte dal forno, vengono battute col *maglio* o schiacciate col *compressore* onde farne uscire le scorie. Dopo ciò, il ferro viene ridotto in barre per mezzo di macchine (*laminatoi*).

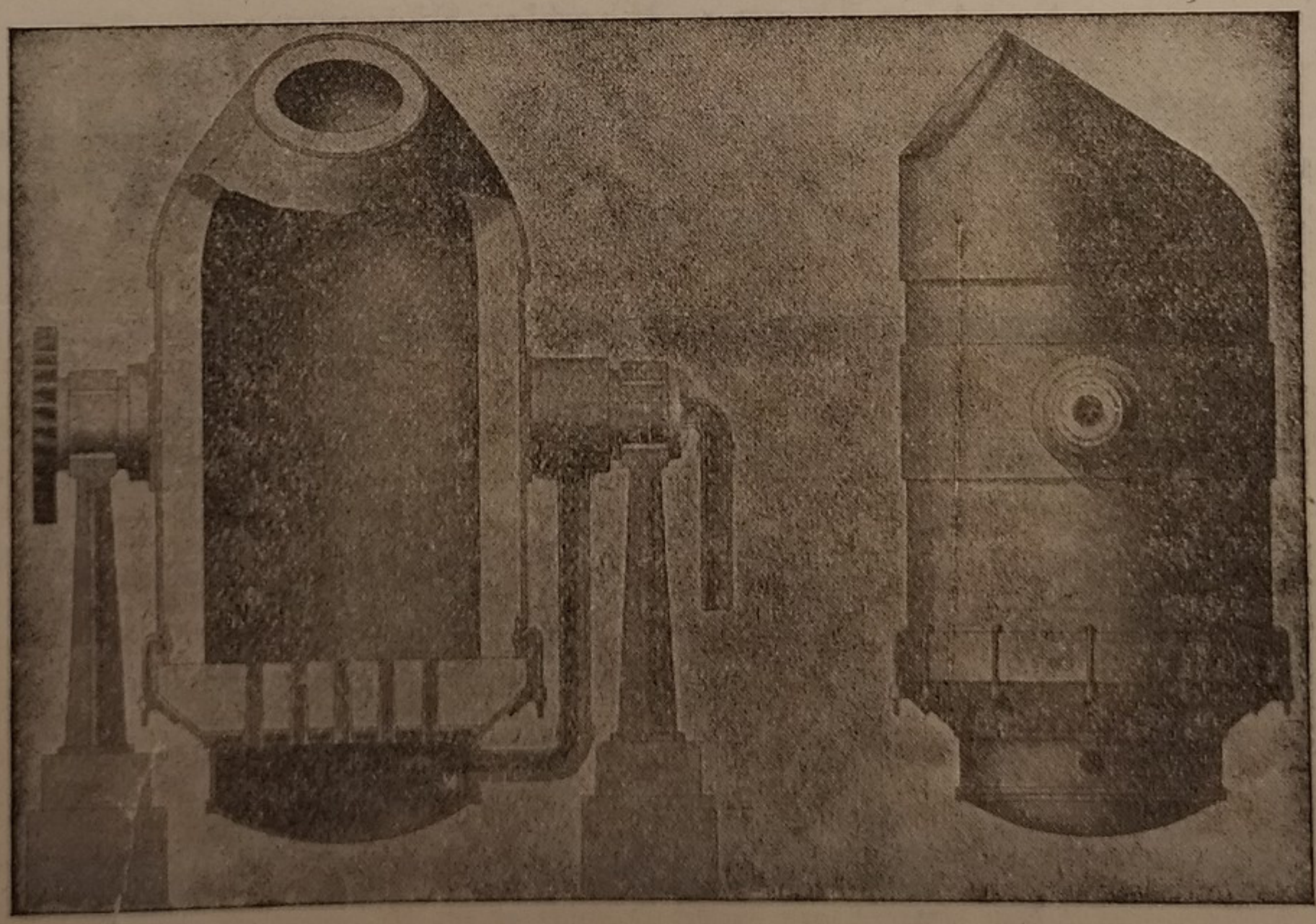
L' operazione di rimescolamento del ferro pastoso, si chiama *puddellaggio* e si dice *puddellato* il ferro così ottenuto. Il ferro saldato può però,

oltre che puddellato, essere *saldato al pacchetto*, *raffinato o doppio raffinato*. Per ottenere quello *saldato al pacchetto*, si fa un pacchetto di rottami di ferro, si comprime colla pressa, si porta al color bianco e quindi si riduce in barre con il laminatoio. Il ferro raffinato si ottiene invece formando dei pacchetti con pezzi di barre di ferro puddellato, scelti in modo che abbiano la stessa grana, e poi laminandoli. Se questa operazione si fa due volte di seguito si ottiene il cosiddetto *doppio raffinato*.

§ 13. - Convertitore Bessemer.

Il Convertitore Bessemer (fig. 14) è un apparecchio cilindrico, munito internamente di un mantello in materiale refrattario ed esternamente di una copertura in lamiera. Serve a convertire la ghisa in acciaio o in ferro dolce.

L'apparecchio ha superiormente la forma tronco conica con la bocca inclinata ed inferiormente termina con una scatola cilindrica a fondo sferico. La suola è traversata da due serie di ugelli multipli, disposti in due circonferenze concentriche. La parte inferiore del convertitore è smontabile e permette il ricambio degli ugelli quando questi sono logori. L'apparecchio può ruotare attorno a due grossi perni: uno massiccio e l'altro cavo. Il perno massiccio termina con una ruota dentata, che può ingranare con una dentiera scorrevole azionata da un motorino elettrico. Mediante questa



disposizione è possibile disporre il convertitore in modo da poterlo caricare e scaricare. Il perno vuoto è traversato da un tubo che porta l'aria compressa dalle macchine soffianti agli ugelli attraverso la scatola ad essi sottostante. Per avviare il convertitore, lo si riscalda bruciandovi dentro del carbone coke, si rovesciano le ceneri, si introduce la ghisa liquida e si manda l'aria compressa agli ugelli. I getti sottili di aria, che attraversano la ghisa liquida, la rimescolano tutta e producono la combustione delle particelle di carbonio, di silicio e di manganese contenute nel metallo.

Così questo, decarburandosi continuamente, diventa prima acciaio e poi ferro dolce. Il calore sviluppato da questa combustione è sufficiente ad innalzare la temperatura da 1200° (punto di fusione della ghisa) a 1600° (punto di fusione del ferro), in modo che tanto l'acciaio quanto il ferro dolce si formano allo stato fuso. L'operazione del convertitore dura da 15 a 20 minuti, a seconda che si vuole acciaio o ferro.

Il convertitore può usarsi con due diversi procedimenti:

1° - *procedimento acido;*

2° - *procedimento basico (Bessemer-Thomas).*

Nel primo il mantello è formato di sostanze acide (argilla e silice) e si usa ghisa grigia piuttosto siliciosa. Nel secondo il mantello è formato di sostanze basiche (ossido di calcio e ossido di magnesio), e si usa ghisa fosforosa con l'aggiunta del 15 % di calce. Questa calce reagisce chimicamente col fosforo della ghisa formando fosfato di calcio che rimane nelle scorie (scorie Thomas), le rende fertilizzanti e quindi vendibili come concimi.

§ 14. - Forno Martin-Siemens.

Il forno Martin-Siemens (fig. 15) fu ideato allo scopo di utilizzare i rottami di ferro e trasformarli in acciaio ed in ferro commerciale. Spetta all'ingegnere Martin l'idea di mescolare i rottami colla ghisa onde decar-

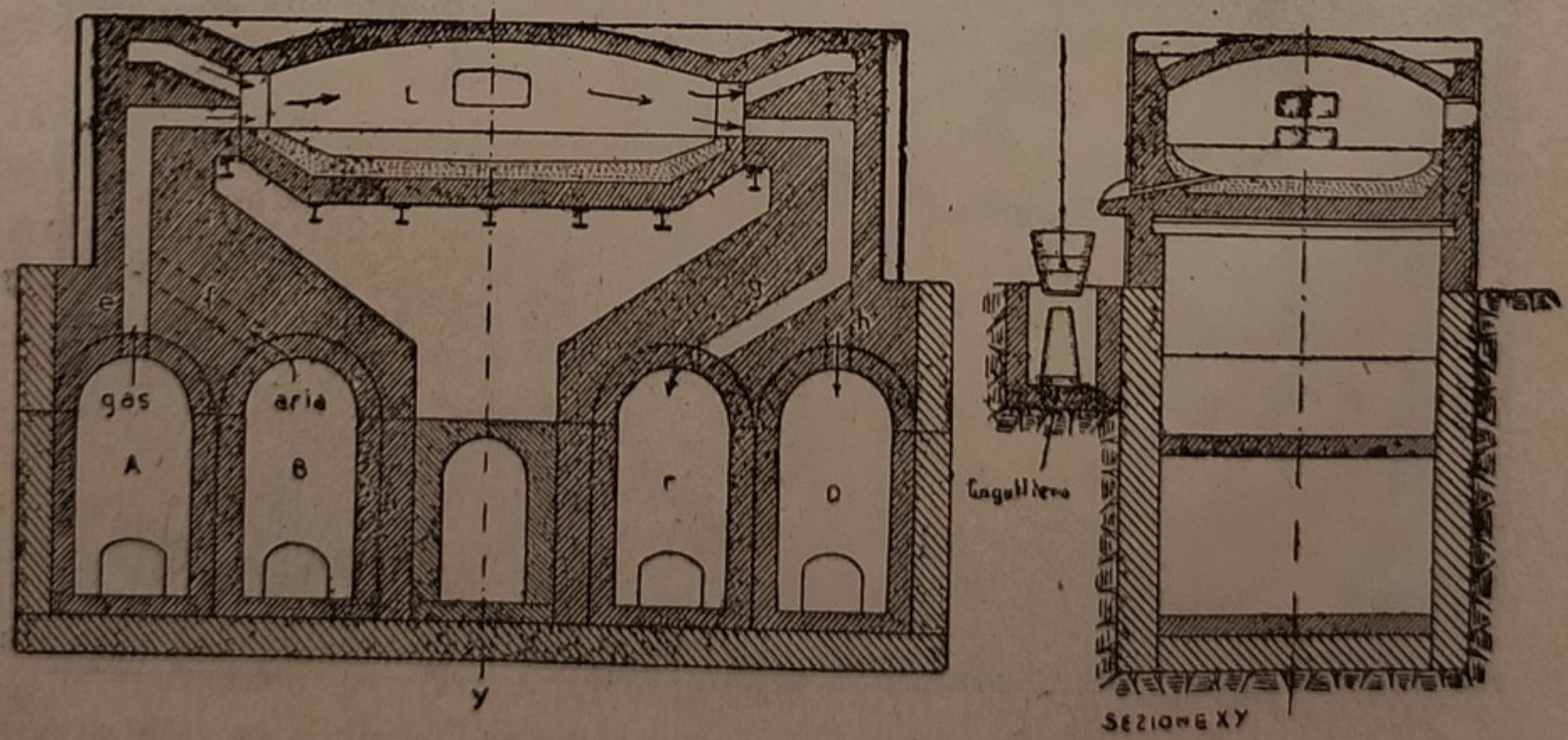


Fig. 15.

burarla, valendosi del forno Siemens. Questo consta di due parti: *La camera di combustione* L e *l' apparechio di ricupero*, costituito dalle quattro camere *A*, *B*, *C*, *D*, comunicanti con la camera di combustione mediante i quattro canali *e*, *f*, *g*, *h*.

Il forno Martin-Siemens non è che uno speciale forno a riverbero, alimentato dal gas Siemens, combustibile composto in massima parte di ossido di carbonio, ottenuto colla distillazione del carbon fossile. Nella vasca della camera di combustione, si mette la ghisa, in pezzi oppure liquida, insieme ai rottami di ferro. All' inizio il gas e l' aria si fanno entrare per le camere *A* e *B*, da cui salgono per i canali *e* ed *f*, e vanno ad incontrarsi nella camera di combustioue. In questa il gas brucia, e i prodotti della combustione scendono per i canali *g* ed *h* nelle camere *C* e *D*, dove riscaldano i mattoni refrattari forati che vi sono accatastati, ed escono per il camino. Ad ogni quarto d' ora di funzionamento, manovrando apposite valvole, si inverte la marcia del forno, ossia si fanno entrare l' aria e il gas nelle camere *D*, *C* e si fanno uscire i prodotti della combustione, per le camere *A* e *B*, anch' esse ripiene di mattoni refrattari. In questo modo tanto l' aria che il gas arrivano nel forno riscaldati, risparmiando così combustibile. La temperatura che si raggiunge è sufficiente a fondere il metallo, e quindi si ottiene prima acciaio e poi ferro fuso. Una operazione dura 6 o 7 ore, il prodotto costa di più di quello del convertitore, ma risulta migliore, perchè la decarburazione, avvenendo lentamente, rimane più completa ed uniforme.

Il forno Martin si può usare col metodo acido e col metodo basico, come il convertitore.

Il metallo uscente dal forno (fig. 15 SEZIONE *X Y*) viene raccolto da secchie che lo versano in forme dette *lingottiere*, dove, solidificandosi, forma i *lingotti* (parallelepipedi grossi di sezione rettangolare).

§ 15. - Qualità e proprietà del ferro.

Il ferro può essere di diverse qualità, ma queste si riducono essenzialmente a due: *ferro saldato* e *ferro fuso* [1]). Il ferro saldato è *fibroso*, ossia composto di fibre parallele come i fili di una fune (tale struttura dipende dalle scorie che esso contiene). Resiste all' umidità e agli acidi più del ferro fuso, si deforma maggiormente prima di rompersi, ma è meno tenace. Il ferro fuso è invece di struttura granulare, a grana

---

[1]) Con il nome di ferro fuso, o ferro omogeneo, viene impropriamente chiamato l' acciaio dolce (vedi n. 19).

piccola, di colore grigio chiaro o scuro. Si ossida più facilmente di quello saldato, ma ha maggiore resistenza meccanica e si presta meglio alla lavorazione a macchina ed all' aggiustaggio (lavorazione a mano).

Il ferro saldato è buono quando ha le fibre compatte ed uniformi. Quello fuso è buono quando ha la grana minuta, grigio-chiara poco splendente, o grigio-scura molto splendente.

Oltre a ciò, il ferro, sia saldato che fuso, ha le seguenti proprietà :

1ª - *fragilità all' azzurro* (300°);
2ª - *fucinabilità color rosso ciliegia* (800/900°);
3ª - *saldabilità al color bianco* (1300/1400°);
4ª - *incrudimento.*

Quando il ferro viene lavorato per molto tempo a freddo, si incrudisce, ossia diventa superficialmente più duro ed internamente più fragile. L' incrudimento si può togliere colla *ricottura*, che consiste nel riscaldare gradatamente il ferro incrudito fino a 800° e poi lasciarlo raffreddare gradatamente.

§ 16. - Fabbricazione dell' acciaio.

Siccome l' acciaio contiene meno carbonio della ghisa e più carbonio del ferro, si può fabbricarlo in due modi :

1° - *con la decarburazione della ghisa*, ossia togliendo a questa una quantità di carbonio che ne riduca la percentuale a non più del 2 %;

2° - *con la carburazione del ferro*, ossia facendo assorbire al ferro una certa quantità di carbonio, onde portarlo alla percentuale suddetta.

Con la decarburazione della ghisa si ottiene l' *acciaio saldato* (col *fucinale* o col *forno a riverbero*) oppure l' *acciaio fuso* (col *convertitore* o *col forno Martin*).

Basta perciò fermare l' affinazione della ghisa al punto giusto.

Colla carburazione del ferro, si ottiene invece l' *acciaio di cementazione* (diverso dall' acciaio cementato). Per fabbricare l' acciaio di cementazione bisogna riscaldare delle barre di ferro insieme ad una sostanza carburante detta *cemento*.

Il cemento più comune è un miscuglio di polvere di carbone leggero (pioppo, tiglio, ontano o vite) con ritagli di cuoio, di unghie e corna di animali bruciate.

Si mettono le barre, ricoperte e circondate di uno strato di cemento dello spessore di almeno un centimetro, dentro cassette di ferro chiuse col loro coperchio e ricoperte di argilla bagnata.

Le cassette così otturate si portano nel forno di cementazione, quando questo ha già raggiunta la temperatura di 1000°. A tale temperatura si lasciano per un tempo variabile da 5 a 14 giorni e si estraggono solo quando il forno si è gradatamente e completamente raffreddato. Siccome la penetrazione del carbonio diminuisce dalla superficie al centro, per ottenere una buona cementazione si debbono usare barre di piccolo diametro. Le grosse barre si ottengono con la bollitura e colla laminazione delle piccole barre di acciaio di cementazione.

§ 17. - Forno al crogiuolo ed acciaio al crogiuolo.

Si chiama *acciaio al crogiuolo* l'acciaio saldato o l'acciaio di cementazione fuso nel crogiuolo.

Il crogiuolo (fig. 16) è un recipiente formato di un impasto compresso di argilla refrattaria, silice e polvere di grafite, oppure di sola grafite. Esso viene posto dentro il focolare *F* del forno a crogiuolo, sopra una griglia *G* dalla quale è separato mediante uno zoccolo *Z* di argilla refrattaria. Attorno al crogiuolo, si ammonticchia il carbone coke e lo si fa ardere. Quando

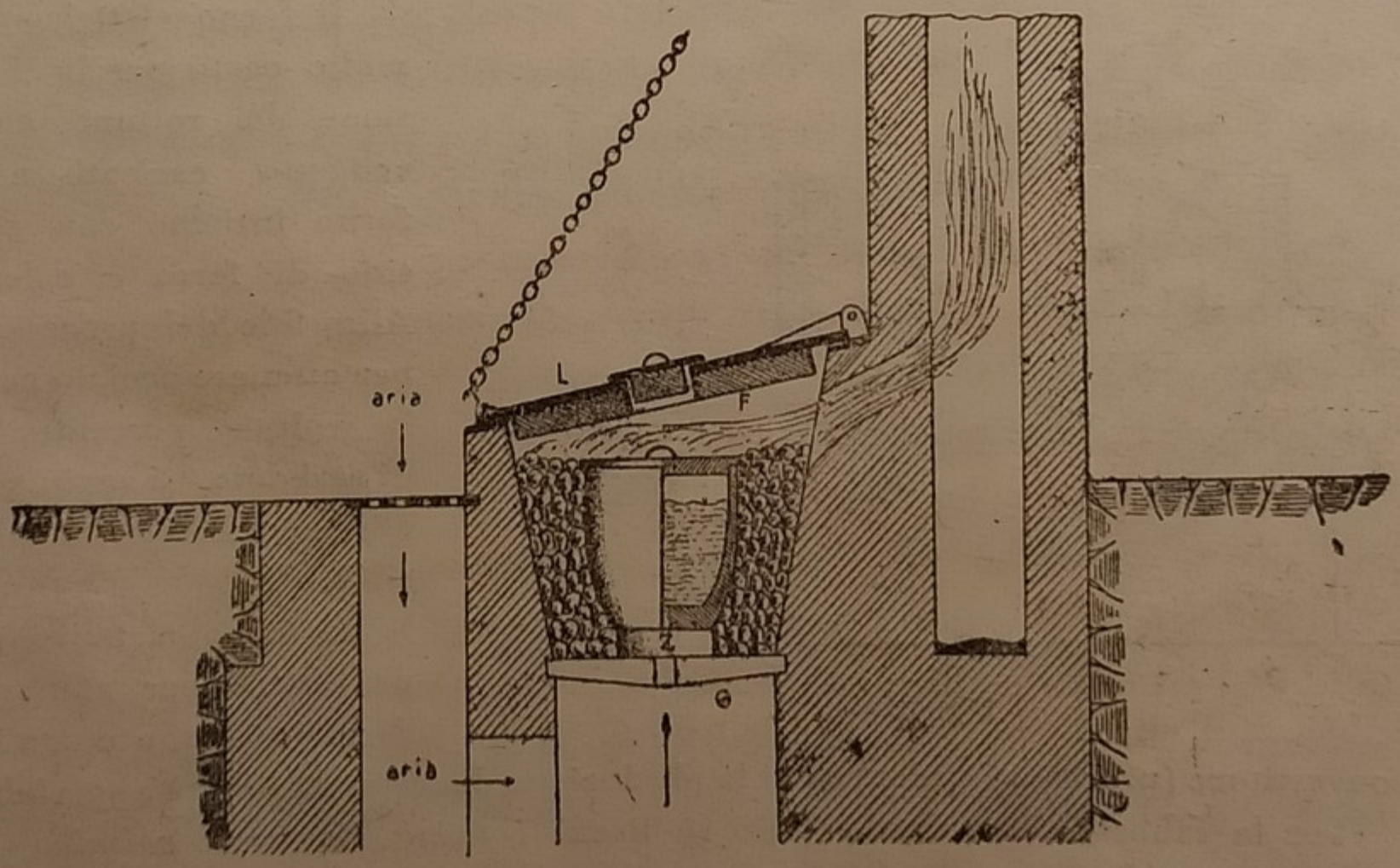


Fig. 16.

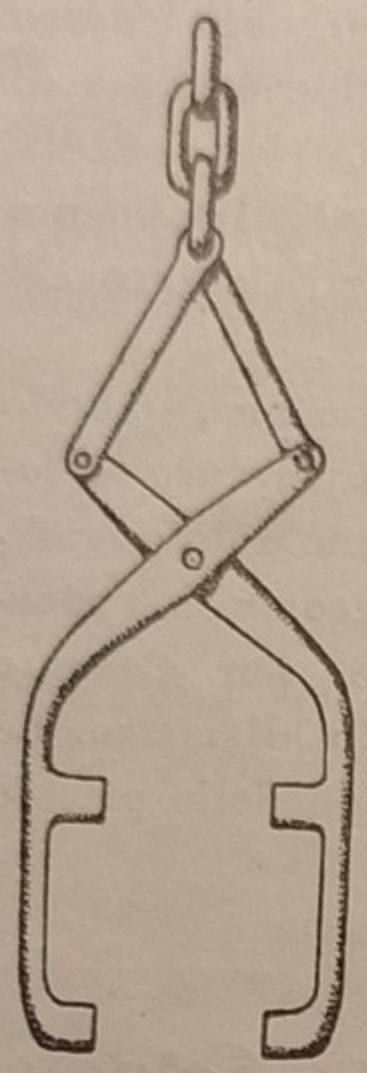


Fig. 17.

il crogiuolo è riscaldato, vi si mette dentro l'acciaio da fondere in piccoli pezzi, si chiude il crogiuolo col suo coperchio, ed il forno col lastrone refrettario *L*. Quando l'acciaio è fuso, si scoperchia il forno, si estrae il crogiuolo con apposite pinze (fig. 17) (sostenute da una catena e da una carrucola) si tolgono le scorie e si rovescia il metallo fuso in una lingottiera, nella quale solidifica formando un lingotto. L'acciaio al crogiuolo, è ricercato perchè, avvenendo la fusione senza contatto con l'aria e con i gas della combustione, il metallo risulta purissimo. Esso è molto usato per fabbricare lime ed altri utensili.

Il crogiuolo si adopera anche per la rifusione degli acciai Bessemer e Martin, per la preparazione di acciai speciali e per ottenere leghe metalliche.

§ 18. - Uso del forno elettrico.

I forni elettrici permettono di raggiungere rapidamente temperature assai elevate ($\sim$ 2000°), che consentono l'eliminazione delle scorie, dello zolfo e del fosforo. Poichè, inoltre, mancano i gas dannosi, si ottiene una affinazione perfetta.

Nei forni elettrici manca la circolazione di aria e, per rendere possibile l'affinazione, si usano ossidi solidi che sviluppano l'ossigeno necessario.

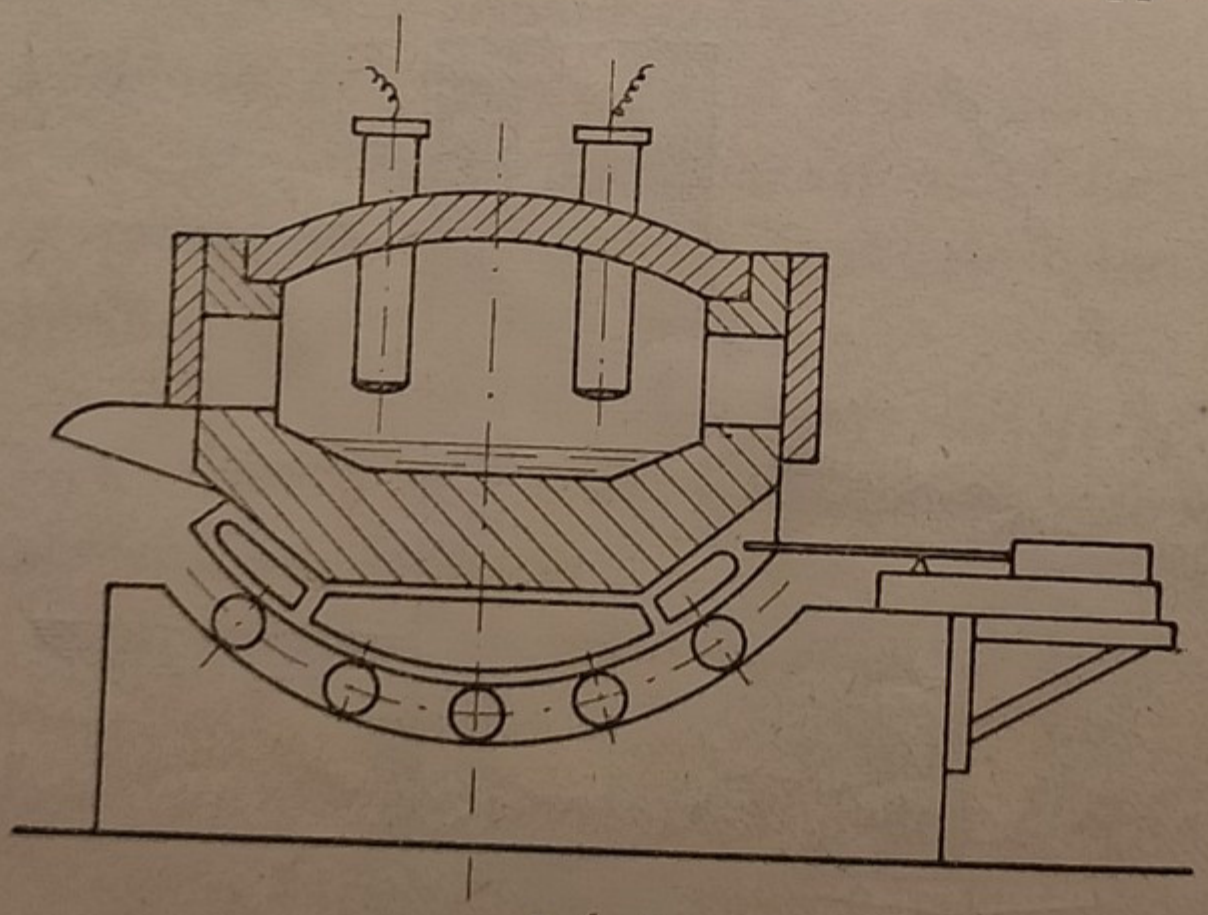


Fig. 18.

Il forno elettrico è molto usato per la fusione dei rottami che vengono caricati nel forno insieme con ossido di ferro e calce. Alla fine del processo, per ottenere acciaio con la voluta percentuale di carbonio, si aggiunge al bagno fuso ghisa speciale.

Il forno elettrico si usa anche per affinare l'acciaio ottenuto con il convertitore (processo Duplex) e per la produzione di acciai di qualità e speciali.

Per la fabbricazione dell'acciaio si usano i *forni ad arco voltaico* e *ad induzione*.

I forni elettrici ad arco sono i più importanti e, tra essi, uno dei più diffusi è il forno Hèroult (fig. 18).

Questo è costituito da una vasca di lamiera chiusa, rivestita di refrattario acido o basico, dove il metallo viene fuso per mezzo del calore prodotto dagli archi voltaici che scoccano tra due, o più carboni (elettrodi) e il metallo che agisce come carbone negativo.

I forni elettrici ad induzione funzionano come trasformatori di corrente di piccola intensità in corrente di grande intensità. Il circuito primario viene alimentato dalla corrente e il circuito secondario è costituito dal metallo liquido contenuto in un anello di materiale refrattario, munito di adatta cavità. La corrente indotta nel secondario sviluppa il calore che mantiene liquido l' acciaio.

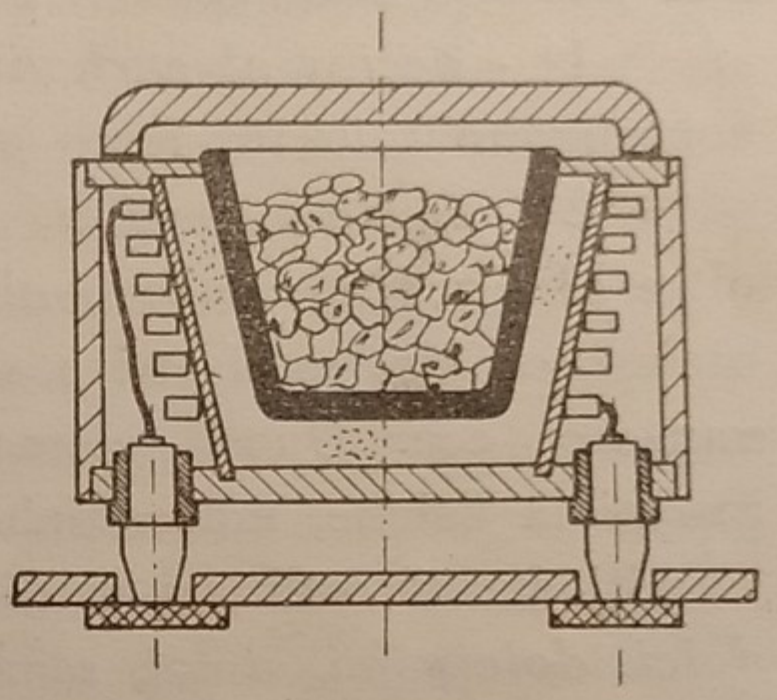


Fig. 19.

I forni ad induzione possono essere a bassa frequenza e ad alta frequenza (fig. 19).

§ 19. - Qualità e proprietà dell' acciaio.

L' acciaio è una lega di ferro e carbonio, ottenuto per via di fusione, contenute meno dell' 1,7 % di carbonio. Ha una grana minutissima, che non si distingue ad occhio nudo, è più duro e più tenace del ferro e fonde più facilmente.

L' acciaio va soggetto più del ferro all' incrudimento quando viene lungamente lavorato a freddo; tale incrudimento lo si può togliere colla ricottura a poco più di 700°.

L' acciaio ha la caratteristica di temperarsi allorquando viene riscaldato fortemente e poi bruscamente raffreddato.

La tempera, oltre l' indurimento e l' aumento di elasticità produce una diminuzione di resilienza. Per togliere quest'ultima, senza troppo diminuire la durezza, si ricorre al *rinvenimento*. Questo consiste nel riscaldare gradatamente ed uniformemente l' acciaio temperato, fino ad una temperatura compresa tra i 230° e i 400°, secondo la qualità, e poi raffreddarlo.

Il trattamento complessivo di tempera seguita da rinvenimento prende, per gli acciai da costruzione, il nome di *bonifica*. Ricottura, tempera, rinvenimento e bonifica sono trattamenti

termici di cui verrà trattato diffusamente più avanti. Altri trattamenti termici degli acciai sono la *cementazione* e la *nitrurazione* che hanno lo scopo di produrre un indurimento superficiale. In commercio si trovano moltissime qualità d'acciaio che possono raggrupparsi in due grandi categorie:

1° - *acciai al carbonio*, detti anche acciai binari perchè contengono soltanto ferro e carbonio.

2° - *acciai speciali*, o acciai legati [1]), che contengono, oltre al ferro ed al carbonio, uno o più dei seguenti metalli: nichel, cromo, manganese, silicio, tungsteno, molibdeno, cobalto, vanadio, ecc. Questi elementi conferiscono all'acciaio nuove proprietà fisiche, meccaniche e tecnologiche.

Gli acciai ordinari si distinguono in commercio in: *extradolci*, *dolcissimi*, *dolci*, *semiduri*, *duri*, *durissimi* ed *extraduri*. Questa distinzione è basata sulla percentuale di carbonio che varia da un minimo di 0,05 % ad un massimo di 1,20 %. *Gli acciai si bolliscono e si fucinano tanto meglio quanto più sono dolci, e si temperano tanto meglio quanto più sono duri.* Gli acciai extradolci e dolcissimi, si chiamano comunemente *ferri omogenei*, e si usano per fare barre, lamiere, profilati, tubi, piccole viti, chiodi, ganci, ecc. Gli acciai dolci e semiduri si prestano per pezzi fucinati e fusi. Quelli duri per far fili, lame da pialla, seghe, coltelli ordinari, cesoie; quelli durissimi ed extraduri, per fare utensili per macchine, fioretti da perforatrici, strumenti da chirurgo, cilindri da laminatoi ecc.

Gli acciai speciali si dicono ternari se hanno un elemento speciale aggiunto e contengono, quindi, tre elementi (ad es. acciaio al nichel che contiene ferro, carbonio e nichel); quaternari se hanno due elementi speciali aggiunti (ad es. acciaio al nichel-cromo). Vi sono anche acciai speciali che hanno tre e più elementi aggiunti (acciai complessi).

I) il *nichel* migliora la resistenza, l'allungamento, la duttilità, rende gli acciai più sensibili ai trattamenti termici e meno ossidabili. Gli acciai contenenti dal 2 al 5 % di nichel s'im-

---

[1]) L'UNI (vedi n.° 20) comprende tra gli acciai speciali anche alcuni acciai al carbonio che si distinguono dai corrispondenti acciai comuni per il minore contenuto in impurezze ecc.

piegano in vasta scala per assi, alberi, ingranaggi, cambi di velocità ecc. Quelli a medio tenore di nichel non si usano a cagione della loro eccessiva durezza. Di quelli ad alto tenore di nichel, che sono anche inossidabili, ricordiamo: il metallo *invar* che non si dilata sino a 50° e si usa per scale graduate di strumenti di precisione (teodoliti, telemetri, calibri ecc.) e la *platinite* che sostituisce il platino negli apparecchi elettrici ad elettrodi, potendosi saldare al vetro come detto metallo;

II) il *cromo* aumenta la durezza, la resistenza, l' elasticità e rende gli acciai più adatti alla tempra e meno ossidabili. Gli acciai al cromo sono usati per proiettili, corazze, cuscinetti a sfere, ecc.

III) il *manganese* ed il silicio si trovano sempre, in piccole percentuali, nei prodotti siderurgici sui quali esercitano benefica influenza. Il manganese, in percentuali elevate, conferisce agli acciai resistenza all' attrito ed agli urti. Gli acciai al manganese si usano per cerchioni, per ruote di locomotive, aghi di scambi ferroviari, ecc.;

IV) il *silicio* conferisce durezza ed elasticità e viene quindi usato negli acciai per molle. Gli acciai al silicio con basso tenore di carbonio si usano per trasformatori;

V) il *tungsteno* o wolframio migliora la resistenza meccanica, la resistenza alla corrosione ed alle temperature elevate. Il tungsteno entra nella composizione di vari acciai speciali e degli acciai rapidi.

Classificazione degli acciai speciali. Una classificazione, molto diffusa, degli acciai speciali è quella che li distingue secondo gli usi a cui sono destinati. Si hanno:

1o - *Acciai speciali per costruzione da cementazione e da bonifica* contenenti piccole percentuali di nichel ovvero cromo-nichel, ecc.

Si usano per svariate parti di macchine: bielle, alberi a gomito, ruote, ingranaggi, ecc.

2o - *Acciai speciali per costruzione da nitrurazione:* contenenti cromo, alluminio molibdeno [1]). Si usano per calibri, alberi a gomito, ingranaggi, ecc.

3o - *Acciai inossidabili:* contenenti elevate percentuali di cromo (generalmente 13 %) ovvero di cromo-nichel [2]) (acciai 18-8 che contengono 18 % di cromo e 8 % di nichel).

---

[1]) Sono nitrurabili anche altri tipi di acciai speciali.
[2]) Negli acciai al nichel-cromo prevale l' influenza del nichel.

Gli acciai inossidabili, e specialmente quelli al cromo-nichel, si usano in numerose industrie: navali, metallurgiche, meccaniche, ecc.

4° - *Acciai resistenti al calore:* secondo la temperatura si usano acciai al cromo o acciai inossidabili con eventuali aggiunte di nichel, molibdeno ecc.

5° - *Acciai non dilatabili:* come l'invar contenente il 36 % di nichel.

6° - *Acciai resistenti all'usura,* cioè al consumo per attrito, contenenti elevate percentuali di manganese (acciai Hadfield con $9 \div 14$ % di manganese).

7° - *Acciai per molle:* contengono sempre silicio con aggiunte di manganese oppure di cromo.

8° - *Acciai per magneti permanenti:* sono acciai al tungsteno o al cromo-cobalto, oppure all'alluminio-nichel-cobalto (Alnico).

9° - *Acciai per utensili:* sono acciai al cromo-tungsteno che hanno la proprietà di mantenere la durezza anche a temperature elevate ($\sim 600°$). Sono usati soprattutto nella fabbricazione di utensili da tornio, limatrice, ecc. che, lavorando a grande velocità (e perciò si dicono rapidi) sono soggetti a forte riscaldamento. Vi sono anche acciai super-rapidi che contengono, oltre al cromo-tungsteno, anche vanadio, cobalto, molibdeno. Uno dei più usati è l'acciaio 18-4-1 (18 % di tungsteno, 4 % di cromo, 1 % vanadio).

Alcuni acciai speciali, contenenti uno o più elementi aggiunti in percentuali adatte, si chiamano autotempranti perchè si temprano da loro stessi allorchè vengono portati a 1000° - 1300° e poi raffreddati con un getto d'aria compressa. Gli acciai autotempranti al cromo-tungsteno si usano nella fabbricazione di utensili per macchine e di calamite permanenti.

§ 20. - Unificazione e classificazione U N I degli acciai.

In commercio si trovano moltissime qualità di acciaio adatte ai più svariati usi: si comprende quindi l'utilità di fissare la composizione e le caratteristiche dei principali tipi di acciai semplici e speciali. Si hanno così a disposizione tipi ben definiti sulle cui proprietà si può fare assegnamento e si consegue, inoltre, il vantaggio della eliminazione dei tipi superflui.

Alla classificazione degli acciai, e degli altri materiali metallici, provvede l'Ente Nazionale per l'Unificazione nell'Industria (abbreviato U N I) pubblicando tabelle U N I.

L'unificazione (o normalizzazione o standardizzazione) assume importanza sempre maggiore, col progredire della tecnica e dall'industria, tanto che quasi tutti i Paesi hanno un proprio

ente di unificazione e molti di questi Enti fanno parte della federazione internazionale ISA.

Oltre alla classificazione dei materiali l' unificazione fissa le dimensioni di oggetti di uso generale, le modalità di esecuzione di analisi, prove e collaudi, ecc.

Tra le unificazioni più importanti sono i numeri normali e le tolleranze di lavorazione ISA di cui verrà trattato più avanti.

le tabelle U N I classificano gli acciai al carbonio in base alle caratteristiche meccaniche e indicano con la sigla *A* (acciaio) gli acciai di tipo commerciale e comuni, con la sigla *Aq* quelli di qualità. La sigla è sempre seguita dal valore del carico di rottura a trazione in Kg/mm² e dall' indicazione del numero della tabella [1]).

Si riporta il seguente specchio riguardante gli acciai della tabella UNI 673:

ACCIAI SEMPLICI ORDINARI DA FUCINARE

DESIGNAZIONE	R Kg/mm²	C ~ %	CATEGORIE DELL' ACCIAIO E IMPIEGHI
A 00 U N I 673	—	—	Acciaio di tipo commerciale. Destinato a impieghi per cui non si richiedono particolari caratteristiche meccaniche.
A 37 U N I 673	37	—	Acciaio comune. Per lavori da fabbro e per bulloneria.
A 50 U N I 673	50	—	Acciaio comune. Più resistente e meno malleabile dell' *A* 37.
Aq 34 U N I 673	34	0,12	Acciaio di qualità. Molto malleabile e saldabile. Per chiodi, pezzi stampati ecc.
Aq 42 U N I 673	42	0,25	» Per pezzi stampati, alberi, bulloneria.
Aq 50 U N I 673	50	0,30	» Per viti, alberi ecc.
Aq 60 U N I 673	60	0,42	» Per attrezzi, ingranaggi, ecc.
Aq 70 U N I 673	70	0,60	» Per attrezzi e parti assai resistenti.

Nota. Le due denominazioni « comune » e « di qualità » servono a individuare due classi di acciai che dovrebbero soddisfare a esigenze diverse.

Gli acciai semplici da trattamento vengono designati con la sigla *ACm* (acciaio cementazione) e con la sigla *AB* (acciaio bonifica):

---

[1]) Si ottiene in tal modo un simbolo (designazione) composto di lettere e di numeri che serve a designare, senza possibilità di equivoco, un determinato tipo di acciaio.

ACCIAI SEMPLICI DA CEMENTAZIONE E DA BONIFICA DA FUCINARE

DESIGNAZIONE	TRATT. TERMICO	R Kg/mm²	Carbonio %	CATEGORIA DELL'ACCIAIO E IMPIEGHI
ACm 1 UNI 675	Normalizzazione	< 40	≦ 0,13	Da cementazione - Extradolce - Lavorabile a freddo e a caldo.
ACm 2 » »	Normalizzazione	da 40 a 50	≦ 0,18	Da cementazione - Dolce - Costruzioni ferroviarie, bulloneria, viteria comune.
AB 1 » »	Normalizzazione	da 42 a 50		
	Bonifica	da 47 a 55	≃ 0,25	Da bonifica - Semiduro - Grossi alberi, assali, parti di macchine poco sollecitate.
AB 2 » »	Normalizzazione	da 50 a 60		
	Bonifica	da 55 a 65	≃ 0,30	Da bonifica - Semiduro - E' l'acciaio da bonifica più usato - Adatto anche per laminazione e trafilatura.
AB 3 » »	Normalizzazione	da 60 a 70		
	Bonifica	da 65 a 75	≃ 0,42	Da bonifica - Semiduro - Assali, alberi, bulloni, ingranaggi, parti di macchine dure e tenaci.
AB 4 » »	Normalizzazione	da 70 a 85		
	Bonifica	da 75 a 90	≃ 0,60	Da bonifica - Duro - Fili per funi e per molle, canne di fucili ecc.

Vi sono tabelle UNI anche per gli acciai al nichel da cementazione da fucinare, per gli acciai al nichel da bonifica da fucinare, acc.

ACCIAI SEMPLICI DA CEMENTAZIONE E DA BONIFICA DA FUCINARE

DESIGNAZIONE	TRATT. TERMICO	R Kg/mm²	Carbonio %	CATEGORIA DELL'ACCIAIO E IMPIEGHI
ACm 1 UNI 675	Normalizzazione	< 40	≦ 0,13	Da cementazione - Extradolce - Lavorabile a freddo e a caldo.
ACm 2 » »	Normalizzazione	da 40 a 50	≦ 0,18	Da cementazione - Dolce - Costruzioni ferroviarie, bulloneria, viteria comune.
AB 1 » »	Normalizzazione	da 42 a 50		
	Bonifica	da 47 a 55	≃ 0,25	Da bonifica - Semiduro - Grossi alberi, assali, parti di macchine poco sollecitate.
AB 2 » »	Normalizzazione	da 50 a 60		
	Bonifica	da 55 a 65	≃ 0,30	Da bonifica - Semiduro - E' l'acciaio da bonifica più usato - Adatto anche per laminazione e trafilatura.
AB 3 » »	Normalizzazione	da 60 a 70		
	Bonifica	da 65 a 75	≃ 0,42	Da bonifica - Semiduro - Assali, alberi, bulloni, ingranaggi, parti di macchine dure e tenaci.
AB 4 » »	Normalizzazione	da 70 a 85		
	Bonifica	da 75 a 90	≃ 0,60	Da bonifica - Duro - Fili per funi e per molle, canne di fucili ecc.

Vi sono tabelle UNI anche per gli acciai al nichel da cementazione da fucinare, per gli acciai al nichel da bonifica da fucinare, acc.

§ 21. - Ghise comuni e speciali.

La ghisa è una lega di ferro e carbonio contenente generalmente carbonio dal 2,5 % al 4 %. La ghisa contiene sempre, come impurezze, silicio, manganese, zolfo, ecc.

La ghisa non è malleabile [1]) e viene impiegata solo per getti. Quella bianca si usa per la produzione di acciaio e per le ghise malleabili; quella grigia è il materiale più usato in fonderia. A differenza del ferro e dell'acciaio, che resistono quasi ugualmente bene a trazione e a compressione, la ghisa resiste assai meglio alla compressione (carico di rottura a compressione $Rc = \sim 60$ Kg/mm^2).

Le tabelle *UNI* classificano i *getti ordinari di ghisa grigia* in base alle proprietà meccaniche facendo seguire alla lettera *G* (ghisa) il carico di rottura a trazione:

G 00 *UNI* 668 per colonne, radiatori, ecc.
G 15 » » per getti comuni, tubi, ecc.
G 18 » » per getti di media pesantezza, per carcasse di motori, volani, ecc.
G 22 » » per getti pesanti, macchine utensili, pulegge, ecc.
G 26 » » per banchi di macchine utensili, cilindri, compressori, ecc.

Ghise ad alta resistenza. Hanno carico di rottura a trazione maggiore di 26 Kg/mm^2. Tra esse è notevole la *ghisa acciaiosa* ottenuta fondendo ghisa grigia e rottami di acciaio.

Altre ghise ad alta resistenza sono ottenute con speciali procedimenti (ghise con bassa percentuale di carbonio grafitico finemente suddiviso) oppure con aggiunte di elementi speciali (nichel, cromo, molibdeno, ecc.).

Vi sono inoltre *ghise resistenti al calore* (al nichel ovvero al nichel-cromo) usate per parti di forno, *ghise resistenti alla corrosione*, ecc.

Ghise malleabili. - Si ottengono dai getti di ghisa bianca:.

1.° con procedimento europeo. Consiste in un trattamento termico (cementazione ossidante) che decarbura la ghisa: ghisa malleabile bianca o europea.

2.° con procedimento americano. Consiste in un trattamento termico

---

1) La ghisa può acquistare una certa tenacità e malleabilità con adatto trattamento termico (vedi malleabilizzazione della ghisa).

che trasforma il carbonio della cementite in grafite globulare [1]): ghisa malleabile grigia o americana.

L' *UNI* classifica la ghisa malleabile come segue:

1.° ghisa malleabile, distinta con la sigla *GM*, che può essere bianca o nera.

2.° ghisa malleabile bianca, distinta con la sigla *GMB*.

3.° ghisa malleabile nera, distinta con la sigla *GMN*.

La sigla è sempre seguita dal valore del carico di rottura a trazione ($R = 35 \div 40$).

Le ghise malleabili posseggono una certa malleabilità e tenacità e si usano per raccordi di tubi, parti di macchine agricole, chiavi, volontini, ecc.

Ferro-leghe. - Sono ghise speciali che vengono usate come aggiunte finali per la preparazione degli acciai: ferro-silicio, ferro manganese, ferro-cromo, ferro-vanadio, ecc.

§ 22. - Qualità e proprietà dei più comuni metalli e leghe industriali. [2])

Alluminio. E' un metallo bianco argenteo splendente, di peso specifico 2,6. Fonde a 660°. Ha un carico di rottura $R = 12 \div 13$ Kg/mm^2 dopo la fusione ed un carico doppio dopo la laminazione. Non si ossida a temperatura ordinaria, ma a quella di saldatura e perciò riesce difficile saldarlo. Si ricava dalla *criolite* (fluoruro di alluminio e sodio) mediante il forno elettrico, e dalla *bauxite* (idrossido di alluminio e ferro) mediante la scomposizione elettrolitica.

L' alluminio viene posto in commercio sotto forma di pani

---

[1]) La ghisa grigia deve la sua fragilità alla presenza di grafite lamellare.

[2]) Si è visto che le tabelle *UNI* classificano i materiali metallici ferrosi in base al carico di rottura a trazione. I metalli non ferrosi vengono invece classificati in base al titolo (percentuale di metallo puro) e le leghe in base alla percentuale di uno dei costituenti. Il bronzo viene classificato in base alla percentuale di stagno, l' ottone in base alla percentuale di rame, ecc. Si ha quindi, ad es:

Aq 42: acciaio di qualità avente carico di rottura $R = 42$ Kg/mm^2.

Cu 99,7: rame avente titolo 99,7.

B 20: bronzo contenente 20 % di stagno.

OT 63: ottone contenente 63 % di rame.

di prima, o di seconda fusione e di semilavorati. Quello di prima fusione è ottenuto direttamente dalla scomposizione elettrolitica dell'ossido e quello di seconda fusione è ottenuto dalla rifusione e dal ricupero di rottami, ritagli, boccami [1]), scarti di lavorazione, ecc.

La classificazione è fatta in base al titolo che per l'alluminio di prima fusione va da 99 a 99,7 e per quello di seconda fusione va da 98 a 99,5. L'alluminio si usa sotto forma di lastre e di fili e nella fabbricazione di leghe. Se ne fanno pure cavi per il trasporto dell'energia elettrica a distanza, ma, siccome pur essendo malleabile e duttile, è poco resistente, i cavi vengono armati con fili d'acciaio.

L'Italia è molto ricca di minerali di alluminio (Abruzzo, Istria).

Leghe dell'alluminio. Si dicono leghe leggere perchè hanno peso specifico inferiore a 3. I componenti principali di queste leghe sono, oltre all'alluminio, rame, silicio, magnesio, zinco, manganese, ecc.

Molte leghe di alluminio sono suscettibili di trattamenti termici che ne migliorano le caratteristiche meccaniche.

Le leghe leggere vengono poste in commercio allo stato grezzo in pani, lingotti, ecc. e allo stato lavorato in getti, estrusi, laminati, trafilati, stampati ecc.

Le leghe leggere allo stato grezzo si dividono in due categorie:

1° - *Leghe da fonderia*, distinte con la sigla *G* (getti), destinate ad essere rifuse per ottenerne getti.

2° - *Leghe da lavorazione* plastica, distinte con la sigla *P* (plastica), destinate a lavorazioni per deformazione del materiale, a freddo o a caldo, con qualunque sistema meccanico idoneo.

Secondo l'uso le leghe dell'alluminio si classificano in:

a) *leghe per usi generici*;

b) *leghe resistenti alla corrosione*;

c) *leghe resistenti al calore.*

Tra le più importanti leghe leggere sono:

il *silumin* (o alpax) contenente silicio ($\sim 13\%$) molto usato per getti

---

[1]) Sono i residui delle fusioni: respiri, colate, materozze (vedi finitura dei getti).

il *cuprosilumin* contenente silicio e rame usato pure per getti l'*anticorodal* di composizione complessa, resistente alla corrosione.

Resistono bene all'acqua marina le leghe: *K S* Seewasser, Peraluman ecc.

Una lega da lavorazione plastica molto usata (costruzioni aeronautiche, automobilistiche ecc.) è il *duralluminio* (o avional) contenente rame, silicio, magnesio e manganese. Con trattamento di bonifica il duralluminio raggiunge carichi di rottura assai elevati ($R = \sim 44$ Kg/mm^2) paragonabili a quelli degli acciai al carbonio.

Altre leghe di alluminio, prodotte recentemente in Italia e all'estero, hanno carichi di rottura notevolmente superiori a quello del duralluminio.

Magnesio. E' un metallo bianco argenteo simile all'alluminio ma più leggero. Ha peso specifico 1,74 e fonde a 650°.

Si ricava dalla dolomite (carbonati di calcio e di magnesio) decomponendo, con l'elettrolisi, i cloruri solubili. Brucia facilmente quando è in polvere (lampo di magnesio), in fili o in nastri sottili.

Poco impiegato come metallo puro ha molta importanza perchè entra nella composizione di molte leghe leggere ed è il costituente fondamentale delle leghe leggerissime.

La lega del magnesio più nota è l'*elektron* che contiene, oltre al magnesio, alluminio, zinco, manganese ed altre sostanze. Ha peso specifico $\sim 1{,}8$ ed è molto fusibile. Si usa nelle costruzioni aeronautiche, per carter di motori, ecc.

Alcune varietà di elektron raggiungono carichi di rottura molto elevati ($R = 38$ Kg./mm^2).

L'elektron è poco resistente alla corrosione e va protetto con adatti rivestimenti o vernici.

Nichel. È un metallo grigio-giallognolo splendente, del peso specifico 8,85 e fonde a circa 1500°. È più duro, più tenace del ferro, abbastanza malleabile e duttile e si trova spesso in natura combinato coll'arsenico od associato al ferro nei minerali ferriferi. Si usa nel rivestimento di altri metalli (nichelatura) perchè è inossidabile, per monete, *leghe bianche dure* (argentana, alpacca, pakfong), leghe di grande resistenza elettrica (nichelina, costantana e reostatina) e acciai speciali. È molto tenace ($R = 50$ Kg/mm^2) ed allungabile ($A\,^0/_0 = 40$).

Piombo. È un metallo grigio scuro quasi affatto splendente, pesantissimo (11,4) pieghevole, che sporca la carta e si scalfisce con l'unghia. È molto malleabile, ma affatto duttile. Il suo

carico di rottura è piccolissimo ($R = 3$). Per farne fili si deve premere a caldo contro il foro della trafila, e mai costringerlo ad assottigliarsi tirandolo. Fonde a 330° e si estrae dalla *galena* (solfuro di piombo), con arrostimento e riduzione nel forno a riverbero. Il piombo trovasi in commercio in lamiere, fili e tubi. Si usa per zavorra, per valvole elettriche fusibili, pallini da caccia, copertura di labbri di morse e nella preparazione di numerose leghe (*lega degli stagnai, lega dei caratteri da stampa fusibili* [piombo e antimonio], e leghe bianche fusibili).

Anche i composti del piombo sono molti usati.

Gli ossidi: *minio* (rosso) e *litargirio* (arancio), si usano come essicativi per l'olio di lino cotto; il *carbonato* (biacca) si mescola con l'olio di lino cotto per fare una vernice di copertura. La galena abbonda in Sardegna.

Rame. È un metallo di un colore rosso caratteristico, molto splendente, di peso specifico 8,8, che fonde a 1080°, diventando pastoso, e perciò non è indicato per la fonderia. Ha un carico di rottura di circa 30 Km/mm^2.

Si lavora male alla lima, è molto duttile e malleabile, sia a freddo che a caldo, si salda alla fiamma ossiacetilenica, ed all'aria umida si ricopre del cosidetto *verderame* (carbonato idrato di rame velenoso). Ricavasi da parecchi minerali:

1° - *dall' ossido* (*cuprite*):

2° - *dai solfuri* (*calcosina e calcopirite*) *e dai carbonati* (*azzurrite e malachite*). Il metallo viene estratto sempre dagli ossidi naturali o artificiali, mediante il forno a riverbero. Occorrono parecchie operazioni successive, durante le quali il minerale perde sempre più le impurità e si riduce a rame cambiando colore: grigio, bianco, nero, rosa e rosso.

In tal modo si ottiene il *rame metallurgico*, che è ottimo conduttore di calore e di elettricità. In commercio trovasi pure il *rame elettrolitico*, che si ottiene mediante *l'elettrolisi* di una soluzione di solfato di rame. Questa specie di rame è più pura e più conduttrice dell' altra; perciò è usata nell' industria elettrica sotto forma di lamiere e fili, nell'industria calorifica sotto forma di lamiere e tubi.

Nel processo di elettrolisi il rame puro va ad aumentare lo spessore di una lastra di rame che funzione da catodo [1]).

Le tabelle *UNI* classificano il rame come segue:

Rame elettrolitico in catodi (*Cu* 99,9): per leghe di rame di prima qualità, bronzi fosforosi, ecc.

Rame elettrolitico colato (*E Cu* 99,9): ottenuto dal precedente, usato per fili, barre, piattine, profilati, lamiere, tubi, ecc. e per applicazioni elettrotecniche.

Rame raffinato di 1ª qualità (*Cu* 99,7): per leghe da lavorazione plastica di 2ª qualità, leghe per getti, lamiere, fili, tubi, profilati, ecc.

Rame raffinato di 2ª qualità (*Cu* 99, 5): per tubi, lamiere, leghe per getti.

Rame raffinato contenente arsenico (*Cu* 99): piastre per focolai di locomotive, tiranti, lamiere, materiali sollecitati per ossidazione a temperatura relativamente elevata.

Il rame entra nella composizione di molte leghe, soprattutto *del bronzo* (rame-stagno) e *dell' ottone* (rame e zinco).

Stagno. È un metallo bianco splendente, di aspetto simile all' argento, di struttura cristallina, che piegandosi emette uno stridio (grido dello stagno). Il suo peso specifico è 7,5 ed il punto di fusione 230°. È molto malleabile, ma pochissimo duttile e tenace, e perciò, mentre se ne fanno lamiere sottilissime (*stagnola*), non se ne fanno fili. È inossidabile alla temperatura ordinaria, e quindi si usa per rivestire rame e ferro. La *latta è lamiera di ferro rivestita di stagno.* Lo stagno si ricava da due minerali:

1⁰ - *Cassiterite* (ossido di stagno).

2⁰ - *Stannite* (solfuro di stagno, ferro e rame). L' operazione si fa nei *forni a vento,* servendosi dell' ossido naturale, oppure di quello che si ottiene coll'arrostimento della stannite. Lo stagno entra nella lega degli stagnai (stagno-piombo), nelle leghe bianche fusibili (piombo-stagno-antimonio) e nei bronzi (rame e stagno).

Zinco. È un metallo grigio azzurrognolo poco splendente, di peso specifico 7, che fonde a circa 420°. All' aria umida si ricopre di un velo di carbonato che lo protegge dall' ossidazione in profondità, e perciò si usa spesso per rivestire il ferro

---

1) Le due piastre conduttrici immerse nella vasca ove avviene l'elettrolisi si chiamano: catodo (quella negativa) e anodo (quella positiva).

(*ferro zincato* o *galvanizzato*). Si usa in lastre e tubi, ma non in fili, perchè mentre è molto malleabile (tra 100°-150°), non è nè tenace nè duttile. Le lastre di ferro zincato si usano in commercio per la fabbricazione di recipienti e per coperture di tettoie. Lo zinco si ricava da tre minerali:

1° - *Blenda* (solfuro di zinco).

2° - *Calamina* (silicato di zinco).

3° - *Smithsonite* (carbonato di zinco).

L' estrazione si compie riscaldando l' ossido di zinco (ottenuto per arrostimento) col carbone in recipienti di terra refrattaria (*muffole*). Qui il metallo si libera allo stato gassoso e quindi passa, attraverso tubi, in camere fredde (*condensatori*) dove, raffreddandosi, solidifica. Lo zinco si usa pure in lega col rame per ottenere l' ottone. L'Italia produce tutto lo zinco che le occorre, ricavandolo dai minerali della Sardegna, delle Alpi ecc.

Bronzo. È una lega gialla di rame e stagno contenente dal 75% al 98% di rame e dal 25% al 2% di stagno (con piccole aggiunte di zinco o antimonio). È più duro e tenace del rame, ma non si lavora troppo bene alle macchine. È malleabile quando contiene poco stagno, o resiste molto bene all' usura (consumo per attrito). Per questa proprietà ha largo uso nei rivestimenti di cuscinetti, negli alberi di locomotive, nei gambi di stantuffo, valvole, rubinetti, anelli di eccentrici ecc.

I bronzi sono molti usati per getti perchè consentono di ottenere ottimi pezzi fusi.

I bronzi per getti unificati sono i seguenti:

1° - *Bronzi allo stagno* contenenti rame e stagno e usati per parti sottoposte a forte attrito (cuscinetti, pattini, ecc.), ingranaggi, boccole, valvolame, ecc.

I bronzi allo stagno vengono indicati con la sigla *B* (bronzo) seguita dal numero che indica la percentuale di stagno. Si hanno:

B 20 (20% di stagno) per parti sottoposte a forte attrito (cuscinetti di spinta, fasce elastiche, pompe, pattini, ecc.) e campane;

B 14 per parti sottoposte ad attrito ed usura (boccole e cuscinetti molto caricati, ingranaggi per viti elicoidali, apparecchi idraulici per alte pressioni).

B 10 per parti di macchine (boccole, ingranaggi, ecc.) per valvolame e per apparecchiatura elettrica.

2° - *Bronzi con zinco* (designati con la sigla *BZN* e contenenti rame, stagno e zinco) usati per costruzioni meccaniche ed apparecchiature elettriche, accessori per tubazioni, ecc.

3° *Bronzi con piombo* (designati con la sigla *BPB*) e contenenti rame, stagno e piombo) usati per cuscinetti per alte velocità e sottoposti a carichi elevati.

Altri bronzi speciali assai usati sono il bronzo di alluminio e il bronzo fosforoso.

I bronzi di alluminio (cupralluminio) invece dello stagno contengono alluminio dal 5 % al 13 % con eventuali aggiunte di altri elementi. Hanno elevate caratteristiche meccaniche e resistono alla corrosione meglio dei bronzi comuni. Si usano per barre, lamiere, fili, tubi, per pezzi ad alta resistenza e inossidabili, per pompe, valvole, ingranaggi, ecc.

I bronzi fosforosi non contengono fosforo ma sono disossidati con fosforo e risultano più duri, più resistenti e più fusibili. Attualmente questa disossidazione viene fatta per quasi tutte le qualità di bronzo ed anche per le altre leghe di rame.

Ottone. È una lega gialla di rame e zinco, contenente dal 60 % al 90 % di rame e dal 40 % al 10 % di zinco. È più resistente e più duro del bronzo, si lavora meglio alla lima e alle macchine, ma resiste meno del bronzo all' usura. In commercio se ne trovano tre tipi:

1° - *Ottone rosso* (*similoro*) contenente molto rame.

2° - *Ottone giallo rosso* (*tombacco*) contenente una percentuale media di rame.

3° - *Ottone giallo* contenente una percentuale minima.

L' ottone si vende in lastre, fili, tubi, ed anche in piccoli profilati. La lamiera d' ottone può essere cruda o ricotta e lo stesso può dirsi del filo. L'ottone si lamina e si trafila a freddo; ma, siccome s' incrudisce e si ossida superficialmente, deve essere ricotto ogni due o tre passate al laminatoio o alla trafila. L' ossidazione si toglie mediante un bagno d' acqua acidulata con poco acido solforico.

Le tabelle *UNI* classificano: *a*) gli ottoni in pani da fonderia, *b*) i getti di ottone, *c*) gli ottoni comuni in semilavorati (profilati e barre, lamiere e nastri, tubi, fili) ottenuti da lavorazione plastica, ecc.

Gli ottoni vengono designati con la sigla *OT* seguita dalla

percentuale di rame; quelli comuni possono contenere anche piombo, quelli speciali (sigla *OTS*) contengono nichel, manganese, alluminio, ferro, ecc.

Tra gli ottoni comuni in semilavorati si hanno:

OT 58: estrusione, fucinatura, lavorazione alle macchine utensili. Usi: barre per viteria, pezzi da tornire, pezzi stampati a caldo, lamierini per orologeria.

OT 60: lavorazioni come il precedente. Usi: fili, barre, lamiere, tubi per applicazioni varie e in particolare per costruzioni navali.

OT 63: trafila, imbutitura, laminazione. Usi: lamiere, nastri, ecc. per costruzioni varie di apparecchi e per fabbricazione minuterie metalliche.

OT 65: lavorazioni come il precedente. Usi: bossoli.

OT 67: laminazione, trafila, imbutitura, lavori a freddo. Usi: come *OT* 63 e in particolare lamine per stampaggio profondo, bossoli, molle (allo stato crudo), viti per legno, ecc.

OT 72: lavorazione ed usi come *OT* 67 e in particolare: bossoli, palettature di turbine.

OT 80, *OT* 85, *OT* 90: (tombacco) generalmente lavorato a freddo. Usi: lamine, fogli, minuterie metalliche, falsa oreficeria, ecc.

Tra gli ottoni speciali in semilavorati si hanno:

1° - *Ottone delta* (*OTS* 58 contenente: rame 58% - zinco 40% - alluminio 1% - manganese 1%) per laminazione, trafilatura, lavorazione a freddo; usati per barre, fili, lamiere, tubi e per costruzioni navali.

2° - *Ottone allo stagno* (*OTS* 70 contenente: rame 70% - zinco 29% - stagno 1%) per laminazione, trafilatura, lavorazione a freddo (tubi per condensatori).

3° - *Ottone all'alluminio* (*OTS* 76 contenente: rame 76% - zinco 21,5% - alluminio 2,5%) per trafilatura e lavorazione a freddo (tubi per condensatori).

4° - *Ottoni al manganese* (ottoni complessi *OTS* 50 contenenti: rame 50 ~ 62, nichel, ferro, alluminio, manganese, ecc.) per laminazione, trafilatura, estrusione, lavorazione a freddo; usati per profilati e barre, lamiere e tubi, pezzi fucinati e stampati ad alta resistenza, palette per turbine, viterie, bullonerie, materiali resistenti alla corrosione.

5° - *Metallo inglese o Muntz* che è un ottone al piombo, simile al metallo Delta, più tenero e meno resistente, ma adoperato per gli stessi usi.

6° - *Ottoni nichel bianchi e duri*, per resistenze elettriche (costantana, nichelina e reostatina).

7° - *Argentana* che è un ottone nichel bianco gialliccio splendente, inossidabile. Fonde e si lavora bene. Serve per posaterie, oggetti d'ornamento e resistenze elettriche.

§ 23 - Leghe antifrizione.

Sono leghe di piombo e antimonio con aggiunte di stagno, ferro o rame. Hanno la proprietà di diminuire la resistenza d' attrito degli organi meccanici che si muovono scorrendo o ruotando l' uno a contatto dell' altro. Sono di facile fusione e si mettono speditamente in opera. Se ne fanno quindi guarnizioni e rivestimenti di vario genere, che vengono applicati alle superfici da rivestire, dopo averle opportunamente stagnate. La loro adesione viene spesso accresciuta con adatti fori ed incastri praticati sul pezzo da guarnire.

I metalli antifrizione comuni unificati sono designati con la sigla *MB* seguita dalla percentuale di stagno:

1° - *Metallo bianco al piombo senza stagno* (*MBO* contenente: 79% piombo - 19% antimonio - 1% rame - 1% arsenico) per piccoli carichi.

2° - *Metallo bianco al piombo* (*MB* 10 contenente: 10% stagno - 73,5% piombo - 15,5% antimonio - 1% rame) per medi carichi.

3° - *Metallo bianco allo stagno* (*MB* 80 contenente: 80% stagno - 2% piombo - 12% antimonio - 6% rame) per alti carichi a temperatura ordinaria.

4° - *Metallo bianco allo stagno fino* (*MB* 80 F contenente: 80% stagno - 11% antimonio - 9% rame) per alti carichi ed elevate temperature.

§ 24 - Prezzi dei materiali metallici.

Per dare un'idea del costo dei principali materiali metallici si riportano i prezzi di mercato libero del novembre 1948: [1])

METALLI NUOVI	
Ghisa nazionale (almeno 10 t.)	Lire alla t.
comune per acciaierie	52000
da fonderia	57000-61500
affinata e desolforata	63000
Acciai speciali da costruzione	Lire al kg.
al Carbonio	120-140
al cromo e al cromo-manganese	130-140
al nichel 2-2,5%	190-220
inossidabili al cromo 12-14%	330-400
inossidabili al cromo-nichel 18-8%	660-710
resistenti al calore al cromo 25-30%	760-810

1) Da "La Chimica e l' Industria".

Ferro comune

	Lire al q.
profilati e laminati a caldo	8000-8500
Ferro omogeneo lamiere nere grosse secondo lo spessore	11000-12000
Ferro omogeneo lamiere nere sottili, inferiori a 4 mm.	13000-16000
Lamiere zincate piane base n. 20	20000-21000
Tubi senza saldatura	13000-13500

Alluminio

	Lire al kg.
Lingotti di 1ª fusione da 99,49 a 99,7	309
secondario leghe al rame	190-210
» » al silicio	270-330
Lamiere	420-480
Fili	450-510
Barre	480-540
Tubi	640-690
Bronzo: pani comune	230-240
pani leghe garantite 10% stagno	400-420
pani leghe garantite 16% stagno	490-520
pani leghe garantite 20% stagno	550-570
Metallo bianco antifrizione	
MB 10% stagno	350-370
MB 80% stagno	1300-1400
Nichel: catodi o gocce	600-650
Ottone: pani comune	160-165
Leghe garantite	220-240
Lamiere, fili	430-470
Barre	230-260
Tubi	450-490
Piombo: pani 1ª fusione	285-315
Lastre	225-350
Tubi	570-650
Rame: catodi 99,90%	320-350
Lamiere	570-630
Fili	470-520
Tubi	570-650
Stagno: pani puro	1450-1600
lega al 50% per saldature	850-920
Zinco: pani elettrolitico	200-220
pani 1ª fusione	195-215
Lamiere	280-300

ROTTAMI DI METALLI

	Lire al q.
Rottami di ferro e acciaio	
da acciaieria	
1ª, 2ª, 3ª, 4ª, 5ª categor.	2100-1000
Rottami di ghisa	
1ª, 2ª, 3ª, 4ª, 5ª categor.	3800-1500
Rottami di alluminio	
	Lire al kg.
secondo la qualità	100-280
Rottami di piombo	
secondo la qualità	250-270
Rottami di bronzo	
secondo la qualità	160-200
Rottami di ottone	
secondo la qualità	100-205
Rottami di zinco	
secondo la qualità	100-150

FERRO-LEGHE

	Lire alla t.
Ferro-manganese 70-75%	164000
Ghisa manganesifera 10-12%	67500
Ferro-silicio 90-95%	196000
Ferro-silicio 45-50%	94000

PARTE TERZA

LAVORAZIONE DEI METALLI

§ 25. - Generalità sulla lavorazione dei metalli.

I metalli e leghe, prodotti dai diversi forni metallurgici, possono essere lavorati *a caldo e a freddo, con o senza asportazione di trucioli.* Senza asportazione di trucioli, la lavorazione può farsi in due modi distinti:

1° - *Sfruttando la malleabilità, la duttilità, e la saldabilità* del metallo, con la *laminazione* (eseguita con i laminatoi), con la *trafilatura* (fatta colle trafile) *con l'estrusione* (fatta con cilindro, matrice, punzone e pressa), con la *fucinatura* (fatta con le mazze, coi magli o con le presse) e con lo *stampaggio* (fatto con i magli o con le presse).

Questi procedimenti di lavorazione utilizzano le proprietà plastiche dei materiali metallici e si chiamano *lavorazioni plastiche.*

I processi di lavorazione plastica sfruttano la proprietà caratteristica di alcuni metalli e leghe di deformarsi permanentemente sotto l'azione di forze esterne.

Se ad un corpo si applicano opportunamente forze gradatamente crescenti dapprima esso si deforma elasticamente (cioè conserva la proprietà di riprendere la forma primitiva al cessare delle forze); se poi le forze superano un certo valore il corpo si deforma plasticamente, cioè non è più capace di riprendere la forma primitiva al cessare delle forze che l'avevano deformato.

La lavorazione plastica si effettua con operazioni a caldo (alla temperatura di massima plasticità) e a freddo. Con le operazioni a freddo si ha una maggiore precisione e il materiale incrudisce.

L'incrudimento può avere influenza favorevole perchè migliora le caratteristiche meccaniche ma se il pezzo deve essere ulteriormente lavorato si procede ad una ricottura (che toglie l'incrudimento).

Sono metalli atti alle lavorazioni plastiche: ferro, acciaio, rame, bronzo, ottone, leghe di alluminio e magnesio, ecc.

2° - *Portando il metallo allo stato liquido* e colandolo quindi dentro forme di terra refrattaria, dove si raffredda e si solidifica. Da ciò l'industria della *fonderia.*

Se invece la lavorazione viene fatta con asportazione di trucioli, essa si può effettuare in due altri modi distinti:

1° - *con utensili a mano* (aggiustaggio);

2° - *con macchine utensili* (lavorazione a macchina).

Tanto l'aggiustaggio che la lavorazione a macchina si fanno a freddo. La lavorazione a freddo segue sempre quella a caldo ed è una *lavorazione di finitura*, giacchè con essa si portano alla forma ed alle dimensioni definitive i semilavorati (*fusi o fucinati*), che costituiscono l'abbozzo dell'oggetto da produrre.

I materiali metallici secondo il grado di lavorazione possono essere:

1° - grezzi di fusione;

2° - sbozzati o semilavorati;

3° - finiti.

Sono grezzi di fusione i lingotti di acciaio, i pani di ghisa, alluminio, zinco, ecc. e i getti così come si ottengono dalle forme (vedi fonderia).

Sono sbozzati o semilavorati i lingotti che sono stati sottoposti soltanto alle prime fasi di laminazione e fucinatura (blumi, billette, larghi piatti) i laminati e profilati, i getti (dopo sbavatura) e i pezzi fucinati che devono essere sottoposti a ulteriore lavorazione (plastica o d'utensile).

§ 26. - Forme e dimensioni commerciali dei materiali metallici.

I materiali metallici vengono posti in commercio, come si è già avuto occasione di dire, sotto forma di:

1° - pani da fonderia, lingotti;

2° - getti;

3° - semilavorati;

4° - rottami.

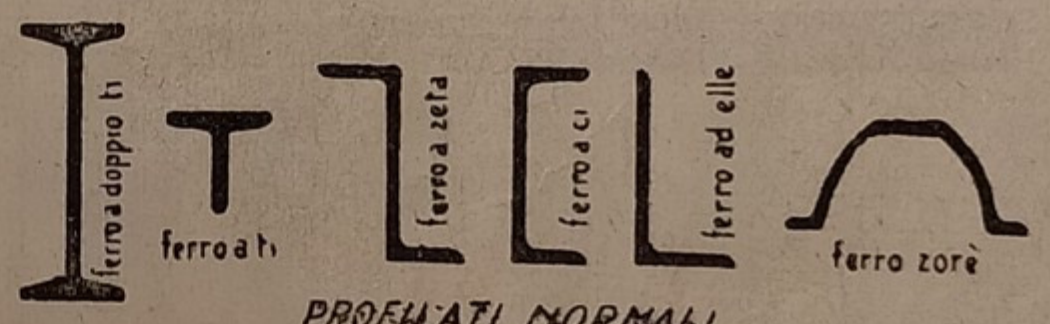
Le qualità, la composizione chimica, le forme e le dimensione dei pani da fonderia, dei lingotti, dei getti e dei semilavorati sono fissati nelle tabelle di unificazione dei materiali metallici.

L'industria meccanica usa generalmente come materia prima i materiali metallici sotto forma di semilavorati.

I semilavorati di ferro e acciaio vengono prodotti nelle acciaierie.

§ 27. - Ferriere e acciaierie.

Sono stabilimenti ove si eseguisce la prima foggiatura del ferro e dell'acciaio, trasformando i *lingotti in barre*, *profilati*, *lamiere*, *tubi e fili*. Detta lavorazione si eseguisce con laminatoi e con trafile. Le barre sono solidi rettilinei di piccola sezione rispetto alla lunghezza. Possono essere a sezione quadrata (*ferri quadri*), rettangolare (*ferri piatti*), *circolare* (*ferri tondi e tondini*) esagonale od ottagonale, con una lunghezza variabile da 4 a 16 m. I ferri quadri e quelli tondi hanno il lato e il diametro rispettivamente da 5 a 240 mm., quelli piatti una sezione da mm. 2×25 (moietta) a mm. 50×1000. *I profilati sono solidi rettilinei a sezione sagomata.*



PROFILATI NORMALI

Le corrispondenti misure e pesi, per ogni metro di lunghezza, si trovano su appositi cataloghi editi dalle case produttrici, detti *sagomari*. Questi ferri vengono indicati in commercio colla sigla N. P. (Normali-Profili), (case produttrici Ansaldo ed Ilva). I ferri a doppio T hanno un' altezza da 80 a 300 mm. e lo spessore da 3,9 a 10,8 mm. Quelli a T hanno un' altezza da 40 a 140 mm. e lo spessore da 7 a 15 mm.

Le lamiere sono solidi piatti, ossia di spessore molto piccolo rispetto alla lunghezza ed alla larghezza. *Lo spessore varia da 0,1 a 350 mm. Le lamiere comuni per uso d' officina hanno lo spessore da 1 a 8 mm. e la superficie di m. 1×2.*

I tubi sono ferri *tondi cavi*. I tubi saldati più comuni hanno le seguenti misure: *tubi per ordinarie costruzioni meccaniche* da 15 a 60 mm. di diametro; *tubi per bollitori di caldaie* da 34 a 75 mm.; *tubi per condutture d' acqua e di gas* da 6 a 100 mm.; *tubi per alta pressione* da 6 a 28 mm. I tubi saldati di dimensioni più grandi hanno il diametro interno da 250 a 1000 mm. e lo spessore da 6 a 16 mm. Quelli senza saldatura hanno il diametro esterno da 38 a 500 mm. I fili sono tondini, di diametro inferiore ai 5 mm.

§ 28. - Fabbricazione di barre, profilati e lamiere.

Le barre e i profilati si ottengono generalmente colla laminazione, ma qualche volta si ricorre alla trafilatura. Le lamiere invece vengono fabbricate esclusivamente colla laminazione.

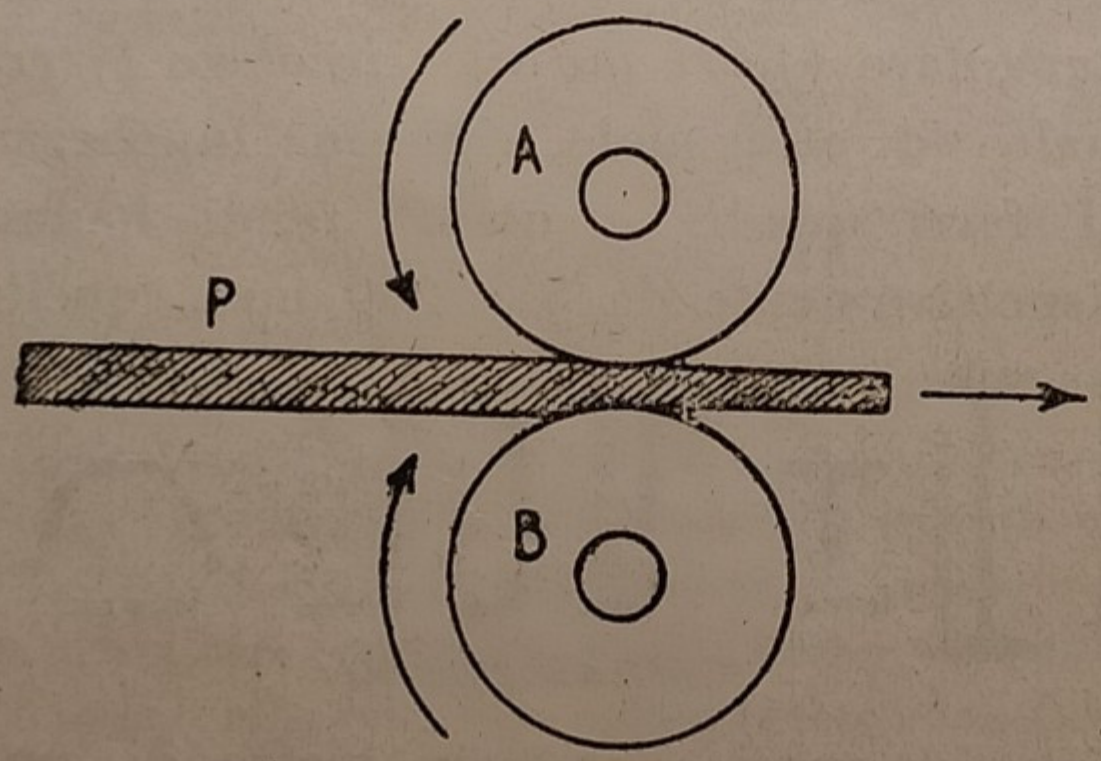


Fig. 20

Le macchine generatrici di *laminati* chiamansi *laminatoi*.

Il più semplice laminatoio (fig. 20) è formato di due cilindri, *A* e *B* che girano con la stessa velocità in sensi opposti. Un pezzo *P*, portato al color bianco e messo in mezzo ai due cilindri, viene afferrato, stirato e spinto in avanti in senso rettilineo. All' uscita dai cilindri, il pezzo viene guidato per un certo tratto, *da un piano di guida* formato da rulli paralleli e giranti attorno ai propri assi. I cilindri sono lisci o scanalati secondo che fabbricano lamiere, oppure barre e profilati.

L' insieme dei due cilindri, coi loro supporti, armature ed organi di registrazione e comando, forma una *gabbia*. Le gabbie possono essere a due o a tre cilindri, ed allora si chiamano rispettivamente *gabbie a duo o a trio*. Due o più gabbie poste di seguito formano *un treno laminatoio*.

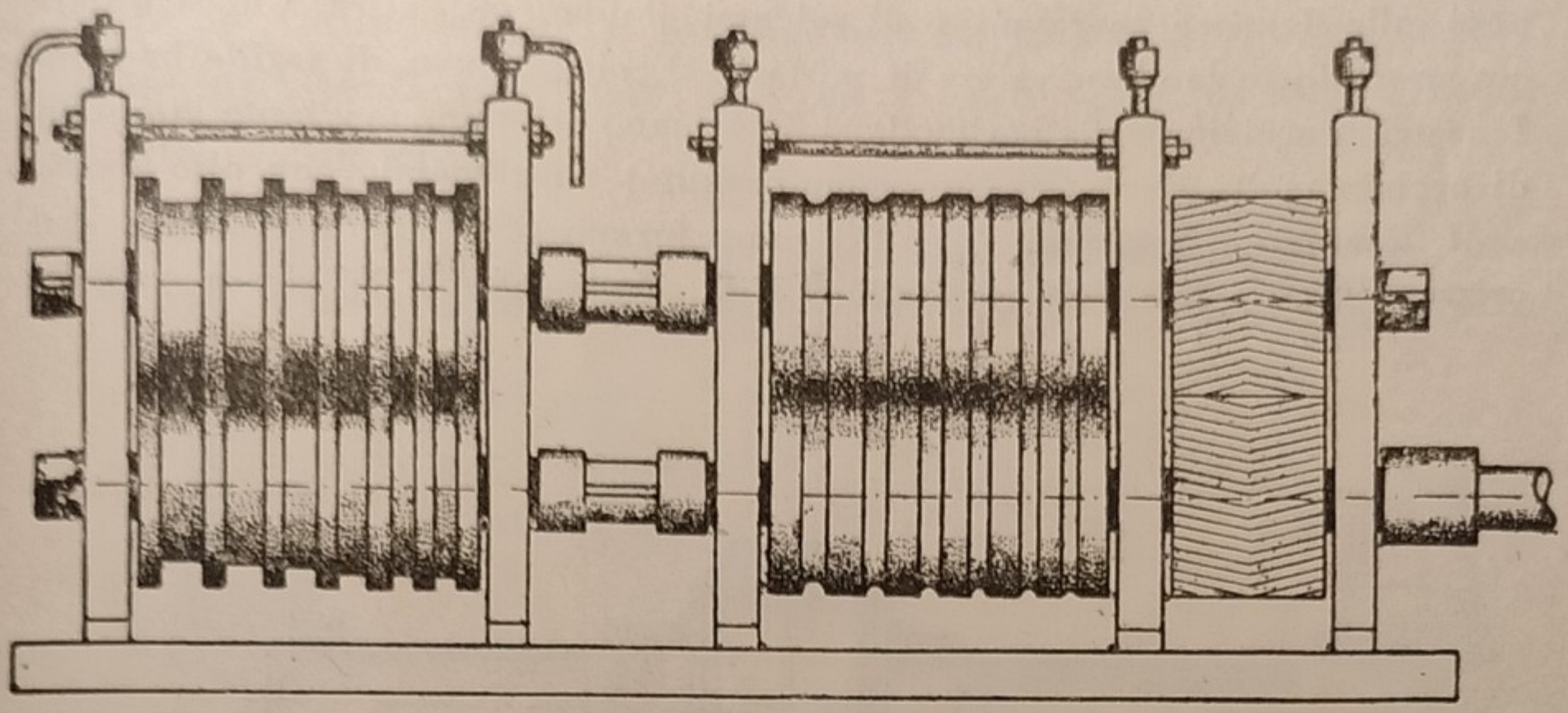


Fig. 21.

I treni laminatoi per barre e profilati sono generalmente composti di due gabbie, una che compie il grosso del lavoro di deformazione sul pezzo (*gabbia sbozzatrice*) e l' altra che lo ultima (*gabbia finitrice*).

Volendo il pezzo più liscio e più finito, si aggiunge a queste due gabbie una terza *gabbia lisciatrice*. Ogni gabbia è fornita al minimo di sei scanalature di dimensioni gradatamente decrescenti.

Le barre, nel passaggio da una scanalatura all' altra, vengono girate di 90° attorno al proprio asse. Lo stesso si fa nei profilati, nei quali però le scanalature cambiano di forma e di posizione (per fabbricare un profilato occorrono almeno 10 passate). La fig. 22 mostra la disposizione delle scanalature di una gabbia sbozzatrice per ferri a T.

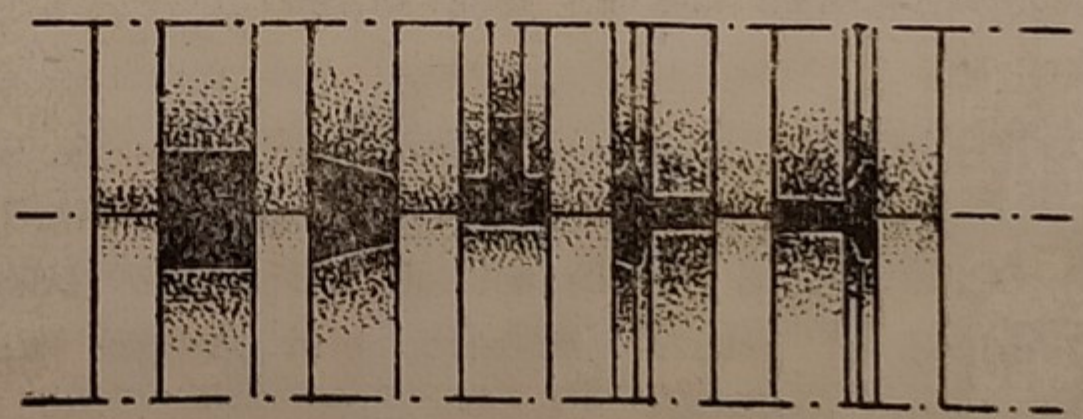


Fig. 22.

I treni laminatoi per ferri tondi, sono forniti di gabbia sbozzatrice a scanalature quadrate (vedere fig. 21) e finitrice a scanalature circolari.

I laminatoi per lamiere, hanno i cilindri lisci, ma *registrabili*, ossia possono essere avvicinati ad ogni passata, onde assottigliare gradatamente il pezzo sino allo spessore voluto. Tra una passata e l' altra, la lamiera viene girata di 90° nel proprio piano. Quando l' ultima passata al laminatoio a caldo è stata fatta, si continua con due o tre passate al laminatoio a freddo, e per ultimo si *rifila* la lamiera ai bordi, con una cesoia a disco. Per fabbricare lamiere di grosso spessore, si fa la laminazione a *pacchetto* di lamiere di medio spessore poste l' una sull' altra. Se invece si vogliono lamiere sottili, si fa ugualmente la laminazione a pacchetto, impedendo

però alle lamiere sovrapposte di saldarsi l'una con l'altra. Ciò si ottiene cospargendo le lamiere, prima di portarle al color bianco, di argilla bagnata. I nastri di acciaio sottile per molle si fabbricano a freddo, mediante laminatoi di acciaio molto duro (acciaio-cromo-vanadio), lubrificando con olio denso.

I laminatoi universali (fig. 23) sono formati di quattro cilindri; due orizzontali *A* e *B* e due verticali *C* e *D*. Tutti hanno la stessa velocità

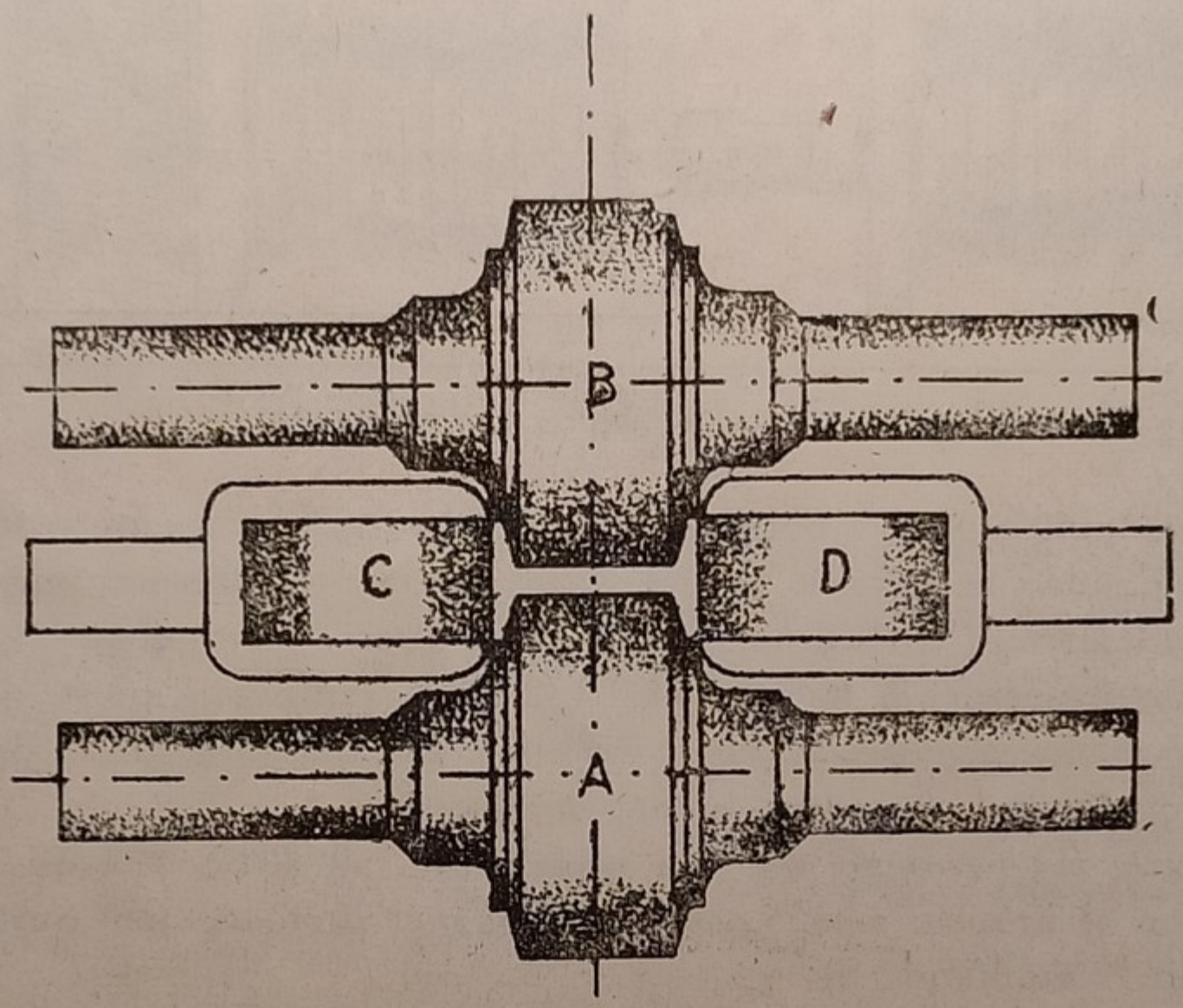


Fig. 23.

e i cilindri di ciascuna coppia ruotano in sensi opposti. I cilindri sono lisci per le lamiere e scanalati per i profilati.

Con questi laminatoi si fabbricano barre, profilati di grosse sezioni e lamiere di grosso spessore, con minore numero di passate rispetto ai laminatoi ordinari.

Le lamiere in commercio sono di tre specie: *lisce*, *striate* e *ondulate*.

Quelle lisce hanno moltissime applicazioni, quelle striate servono per pavimentazioni di ponti in ferro e per copertura di piani oscillanti di basculle o bilancie a ponte; quelle ondulate si usano per copertura di tettoie, per saracinesche e per pareti di caldaie.

§ 29. - Fabbricazione dei fili.

Per fabbricare i fili metallici occorre il banco trafila (fig. 24).

È questo un grosso e lungo banco, sul quale sono fissati due aspi giranti *C* e *D* ad assi verticali. Fra i due aspi è

posta la trafila *T* che è un lastrone di ghisa temperata o d'acciaio tungsteno, provvista di una o più serie di fori gradatamente decrescenti.

Per fabbricare un filo, occorre un tondino del diametro non superiore ai 4 mm. Questo tondino (*chiamato bordione*) viene prima sottoposto a

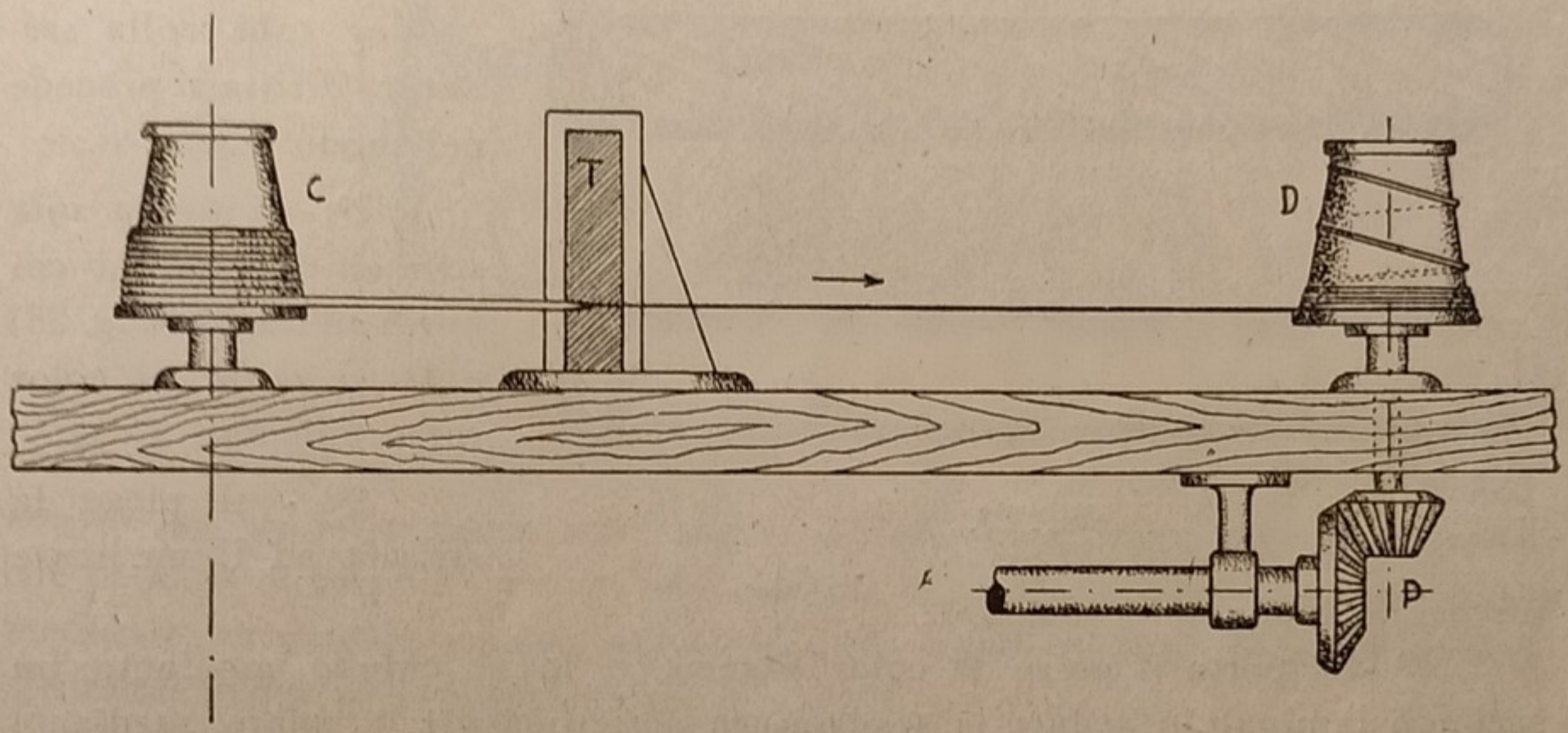


Fig. 24.

lavaggi chimici e quindi fatto rinvenire in una stufa a 150°/200°. Fatto ciò si avvolge il bordione all'aspo *C*, si appuntisce l'estremità, si introduce nel foro adatto della trafila, e si tira quindi con un morsetto speciale, a mano o con l'argano, finchè si riesce ad avvolgere il bordione, con tutto il morsetto, attorno all'aspo *D*. Allora s'innesta la marcia automatica, ossia si fa girare l'aspo *D* mediante la coppia di pignoni dentati conici *P* posta sotto il banco. Ad ogni due o tre passate del filo attraverso i fori successivi della trafila, bisogna fare la ricottura per togliere l'incrudimento. Se la ricottura viene fatta anche dopo l'ultima passata, si ottiene *il filo ricotto*; se non si fa, si ha il *filo crudo*. Il filo ricotto si usa per fare reti metalliche e legature; quello crudo per punte, chiodi, caviglie, ganci, piccole viti e piccole molle. I fili d'argento, d'oro e di platino, si fabbricano con trafile di pietra dura (agata od onice), quelli di piombo premendo fortemente un blocco di piombo contro la trafila.

§ 30. - Fabbricazione dei tubi.

I tubi in commercio sono di due specie: *saldati* e *senza saldatura*.

Quelli saldati possono avere sia la saldatura *diritta*

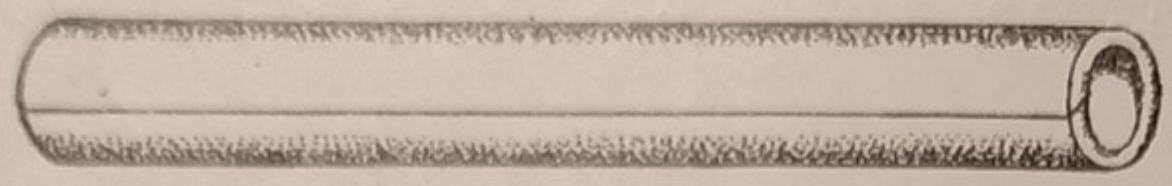


Fig. 25.

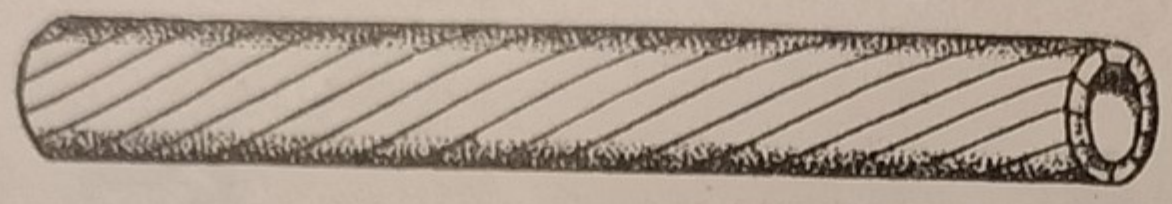


Fig 26.

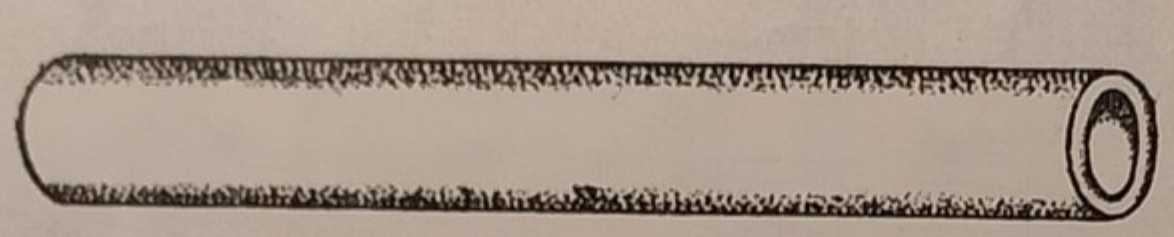


Fig. 27.

(fig. 25), che *elicoidale* (fig. 26). Quelli senza saldatura sono tutti di un pezzo (fig. 27).

Per tubi colla saldatura diritta si procede nel modo seguente:

1° - si taglia una striscia di lamiera coi bordi ad unghia (fig. 28) e la si porta al color rosso ciliegia;

2° - si piega la striscia ad U mediante un primo laminatoio (fig. 29);

3° - si porta il pezzo al color bianco, e lo si chiude mediante un secondo laminatoio avente la scanalatura perfettamente circolare, mediante

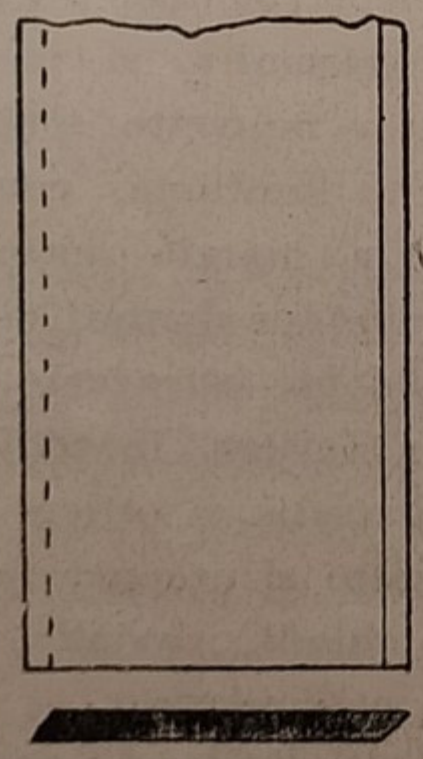


Fig. 28.

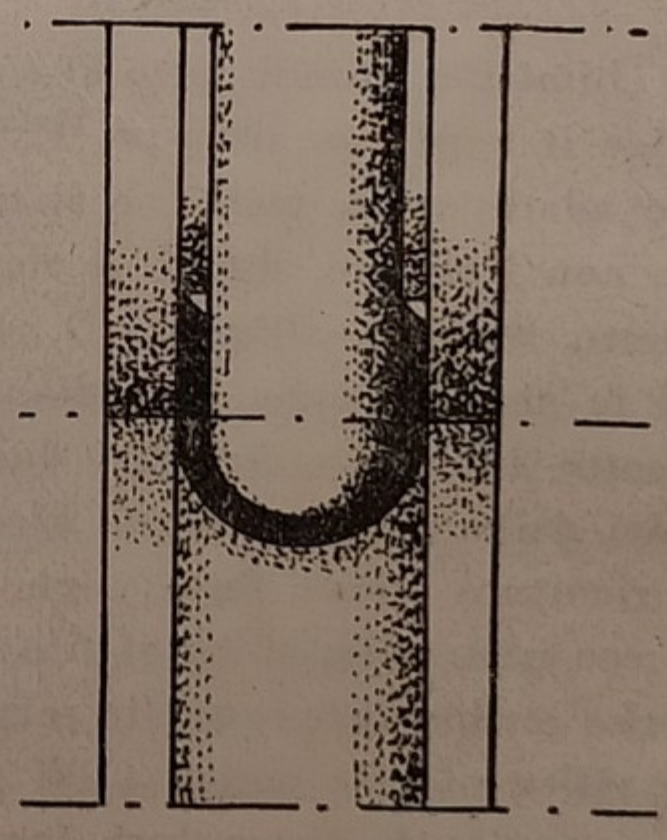


Fig. 29.

una spina interna *S* che costringe i bordi a saldarsi (fig. 30). Si fanno quindi altre laminazioni con scanalature più strette e spine più larghe, fino al raggiungimento del diametro e dello spessore voluto, ultimando infine l'operazione con la trafilatura al color rosso. La trafilatura si effettua con la trafila per i tubi piccoli, attraverso un anello d'acciaio per i tubi grossi. I tubi con saldatura diritta, si possono fabbricare anche colla sola trafilatura. In questo caso, dopo aver piegato la striscia ad U, la si riscalda al color bianco e si trafila usando spine interne.

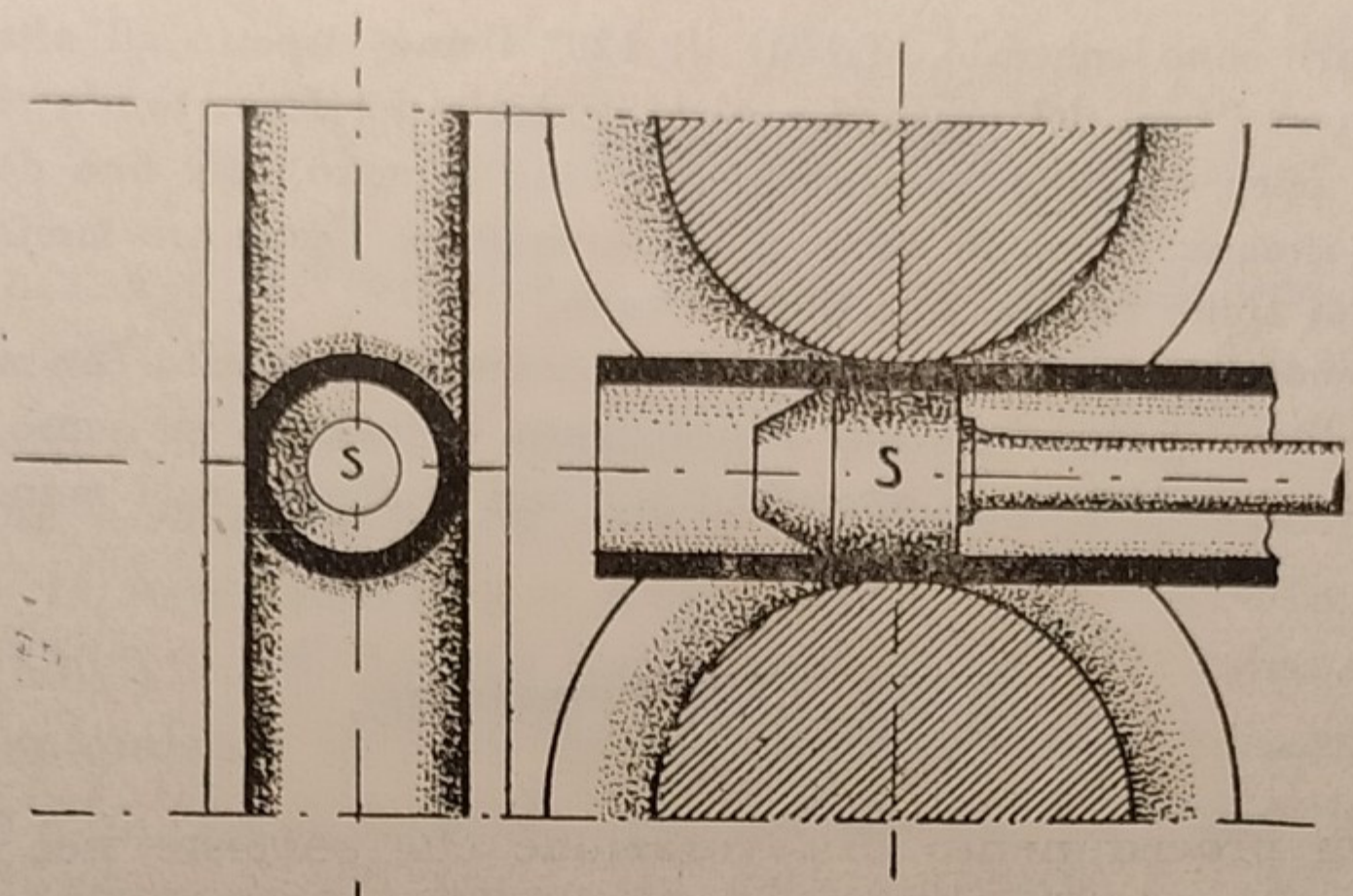


Fig. 30.

I tubi a saldatura elicoidale, si fabbricano avvolgendo elicoidalmente attorno ad un ferro tondo una striscia di lamiera al color bianco, in modo che le spire si tocchino l' una con l' altra. Si saldano poi le commessure mediante un piccolo maglio, dando al ferro tondo un moto di avanzamento elicoidale lungo il proprio asse.

I tubi senza saldatura, possono fabbricarsi col metodo *Mannesman e col metodo americano*. Nel primo caso (fig. 31), un ferro tondo al color

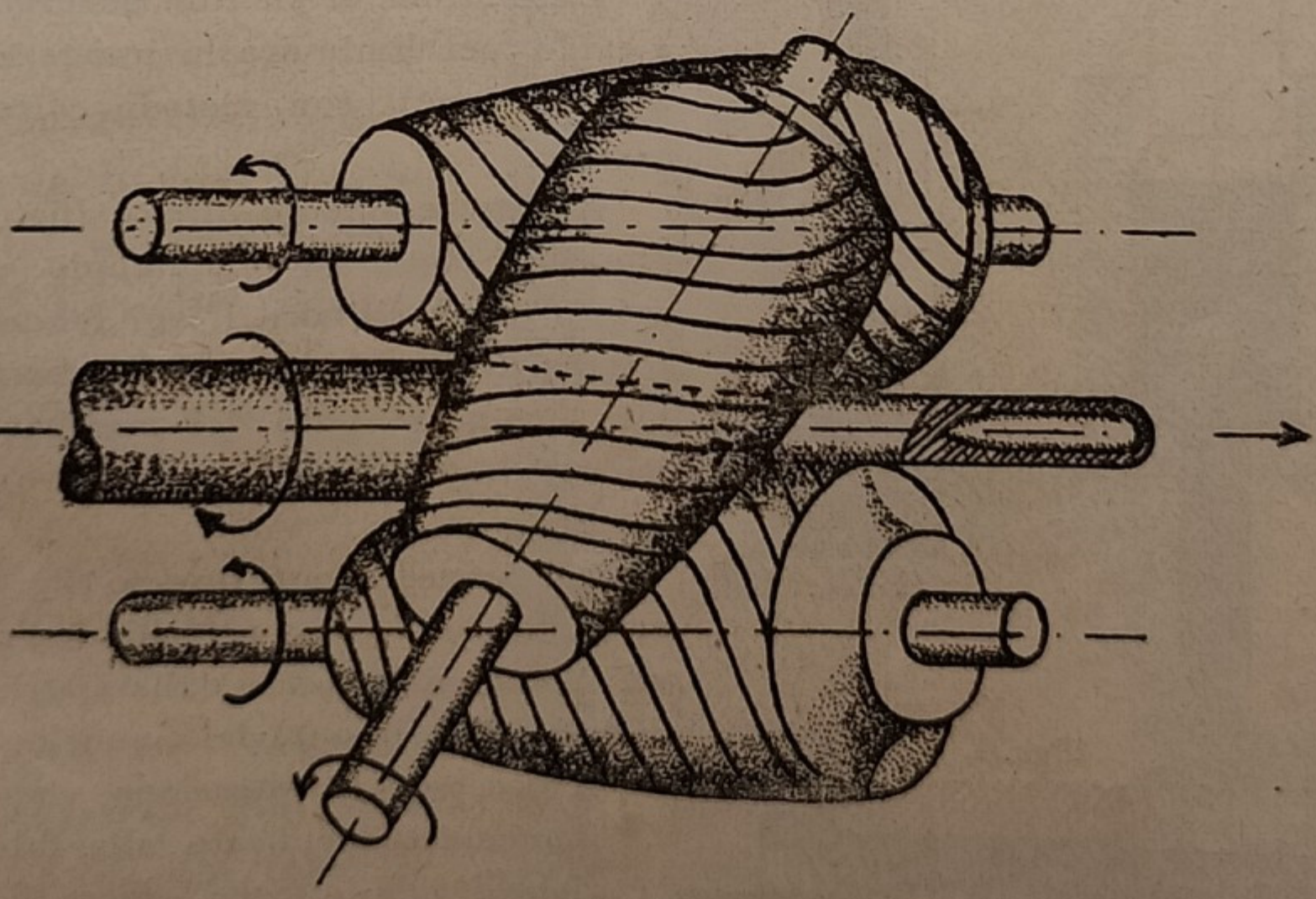


Fig. 31.

bianco viene fatto ruotare velocemente attorno al proprio asse ed avanzare nel senso dell' asse stesso, da tre cilindri paraboloidici rigati. Gli assi dei

tre cilindri sono sghembi, sfalsati di 120° l'uno rispetto all'altro e pure sghembi con l'asse del pezzo. La parte centrale del ferro tondo si distacca a poco a poco da quella superficiale, e così il pezzo, alla fine della laminazione, rimane forato in tutta la sua lunghezza. Con altre laminazioni e con uso di spine interne si calibra il tubo.

Nel secondo caso, un tondo al color bianco viene forato con una spina animata di un leggero moto di avanzamento elicoidale, in senso opposto all'avanzamento del pezzo. Questi ultimi tubi si dicono *tubi mandrinati.*

§ 31. - Estrusione.

È un procedimento di lavorazione che consiste nel costringere il metallo allo stato plastico (pastoso) ad uscire, mediante pressione, da un foro di determinata forma (fig. 32). Si applica ai materiali che presentano una sufficiente plasticità a temperature non troppo elevate come la maggior parte dei metalli non ferrosi. La pressione viene esercitata mediante presse idrauliche.

Mediante l'estrusione si fabbricano barre, fili, profilati, tubi.

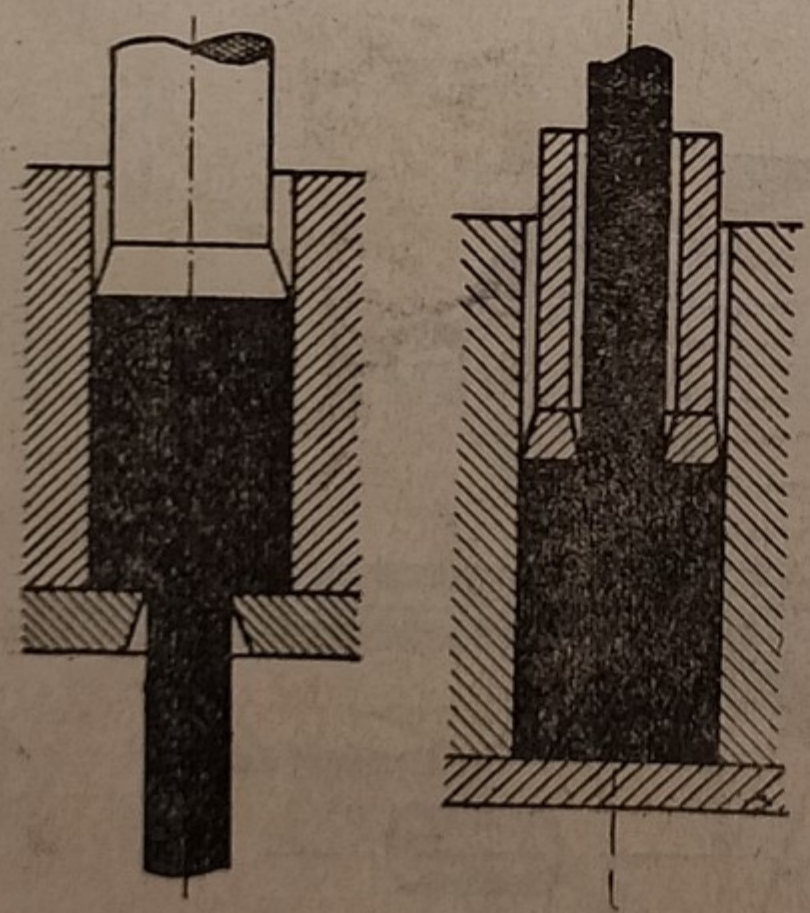
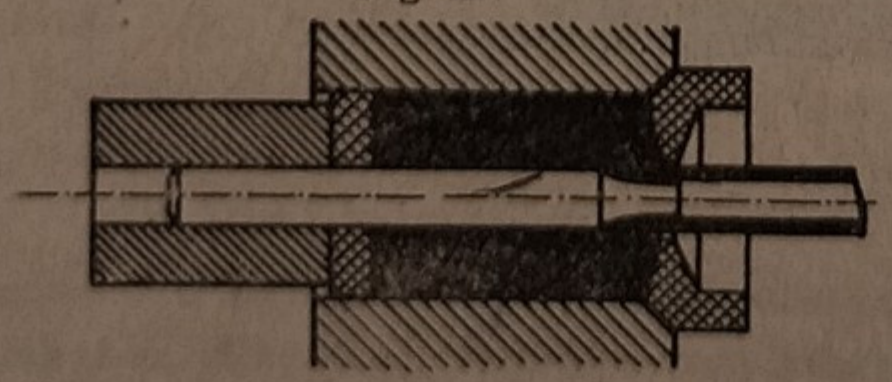


Fig. 32. Fig. 33.

Fig. 34.



L'estrusione si effettua generalmente a caldo (per diminuire la resistenza alla deformazione) con metodo diretto o inverso.

Nel procedimento diretto (fig. 32) il massello metallico - contenuto esattamente in un cilindro il cui fondo (matrice) presenta un foro della forma voluta - viene pressato dal mandrino che lo costringe ad uscire dal foro della matrice.

Nel procedimento inverso (fig. 33) il massello viene posto nel cilindro chiuso ad un estremo e spinto dalla matrice che è fissata all'estremità del mandrino cavo.

Il processo di estrusione viene comunemente applicato alla fabbricazione di tubi in leghe leggere (fig. 34).

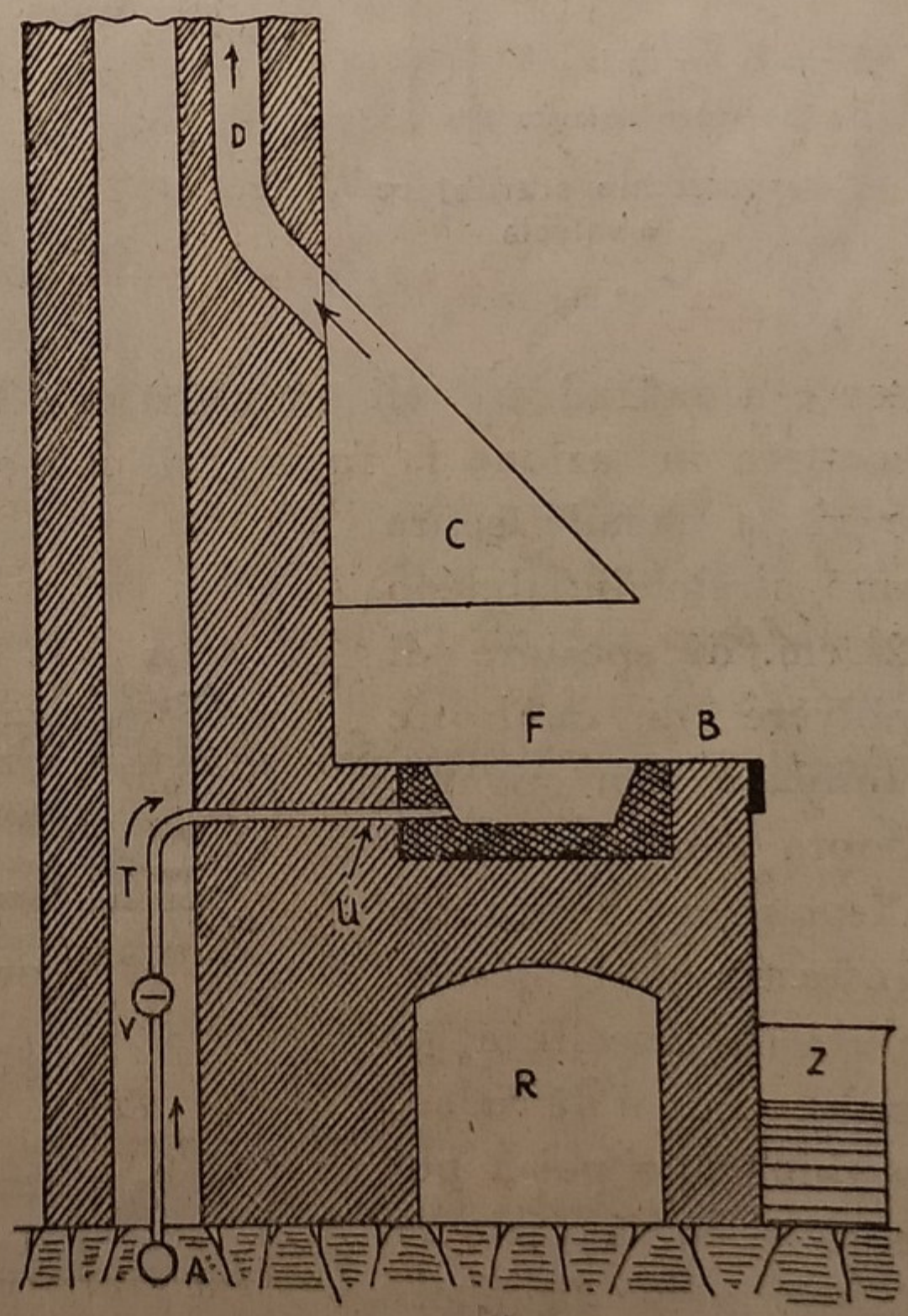
Con l'estrusione a freddo si fabbricano tubetti di stagno e piombo, recipienti in leghe leggere ecc.

§ 32. - Fucinatura.

La FUCINATURA (forgiatura, come si dice comunemente, è un francesismo) *è l'operazione che permette di dare al metallo la forma voluta, sfruttando la malleabilità, la duttilità e la plasticità che esso possiede ad una determinata temperatura.* Per il ferro tale temperatura è compresa tra il rosso ciliegia nascente (800°) e il bianco splendente (1400°). Al disopra del bianco splendente il ferro brucia, ossia si ossida talmente che non può più essere lavorato. Per l'acciaio, che è più fusibile, questi limiti sono più bassi: da 700° a 1300°.

La temperatura più adatta per fucinare è il rosso ciliegio (900°).

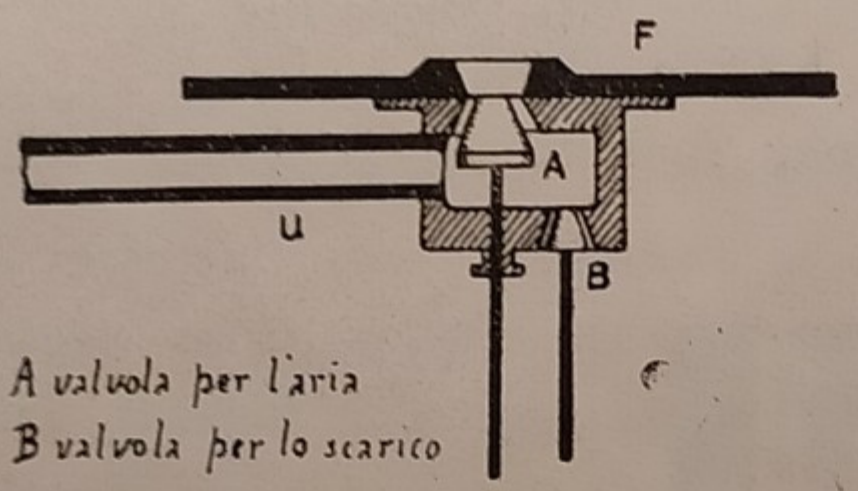
Per riscaldare i pezzi si usa la fucina (figura 35). Questa non è altro che l'apparecchio generatore del calore. È formato di un banco parallelepibedo *B* in muratura, rafforzato da bande di ferro. Nel banco è disposto il fornello *F* (generalmente di ghisa), sul fondo del quale, sbocca l'ugello *U* che soffia l'aria, compressa alla pressione di 20 centimetri di colonna d'acqua, nel carbone. La pressione dell'aria che arriva dal tubo *T* può regolarsi con la valvola di registro *V*. *A* è il tubo interrato



Fucina fissa

Fig. 35.

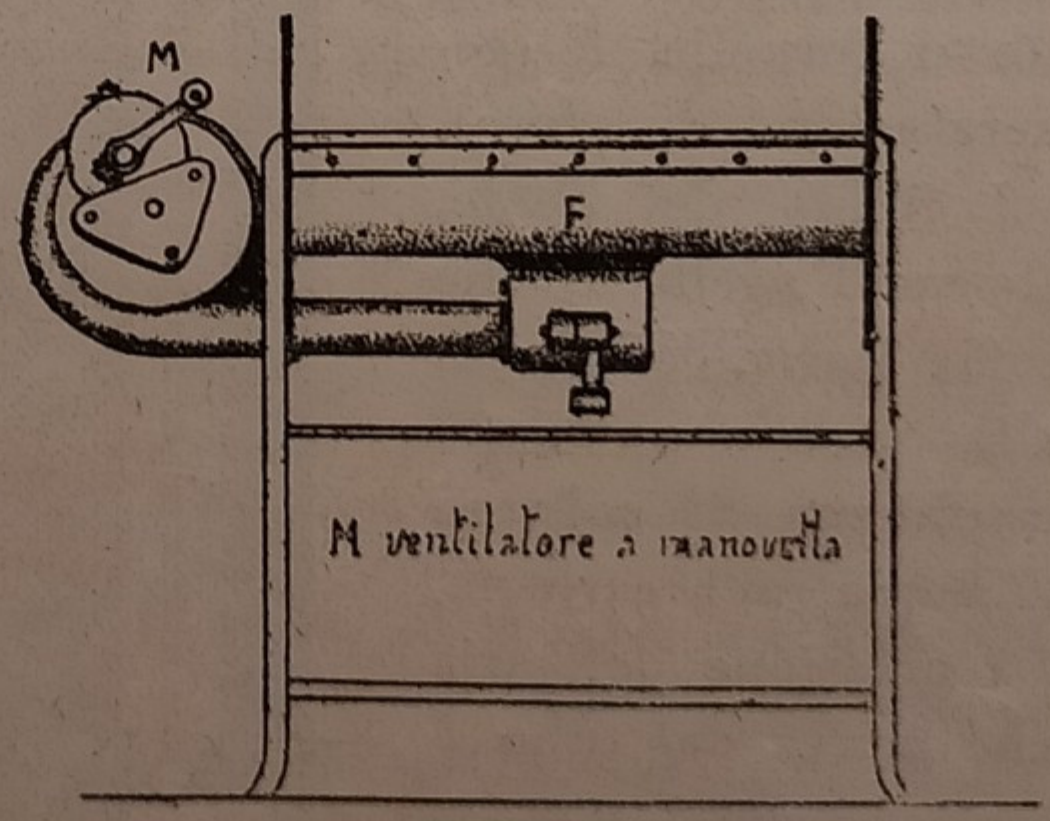
proveniente dall' apparato soffiatore dell' aria (mantice a mano o a pedale, o ventilatore elettrico). Sotto il banco vi è un ripostiglio *R* per il carbone e sopra la cappa *C* raccordata al camino *D*, che ha l' ufficio d' aspirare i gas prodotti dalla combustione. Spesso il fondo del fornello è munito di apertura a saracinesca o a valvola per lo scarico delle scorie (fig. 36). Le fucine del tipo descritte sono *fisse*, ma vi sono anche fucine *portatili* (fig. 37) che sono di ferro ed hanno il ventilatore a manovella. Le fucine fisse possono essere *semplici* (ad un solo fuoco) e *multiple* (a più fuochi).



apparecchio scaricatore a valvola

Fig. 36.

I tipi più moderni di fucine sono muniti di cappa aspiratrice dei gas prodotti dalla combustione. L'aspirazione è ottenuta mediante aspiratore elettrico. Con tale sistema si realizzano l' igiene della respirazione e la pulizia del locale. Presso il banco della fucina vi è sempre una vaschetta *Z* piena d'acqua; per le tempere comuni. Per pulisce il fondo del fornello serve a raffreddare gli utensili mettere in azione la fucina, si e vi si stende sopra uno strato di almeno 2 cm. di spessore di polvere di carbone umida e ben pigiata. Sopra questo strato si dispongono sostanze infiammabili (carta, trucioli, fuscelli e simili) a cui si dà fuoco, aggiungendo poi a poco a poco il carbone fossile grasso (a fiamma corta) a pezzi piccoli, fino a che si rie-



Fucina portatile

Fig. 37.

sce a formare un mucchio completo. Questo deve avere internamente una volta di carbone ardente, che non deve mai rompersi e deve mantenere il calore raccolto in un piccolo spazio sopra i pezzi che si scaldano.

Per mantenere la volta e impedire che si formino fiamme e fumo bisogna moderare il tiraggio colla valvola, aspergere spesso di acqua la superficie esterna del mucchio ed aggiustarla quando tende a rompersi. Solo così i pezzi si scaldano in poco tempo e senza spreco di combustibile.

I pezzi vanno introdotti nel fornello in modo che non siano colpiti direttamente dall' aria degli ugelli ed estratti a tempo giusto. Nelle fucine a funzionamento intermittente, il consumo di carbone varia da 50 a 70 kg. di carbone per ql. di ferro nella prima *calda*, e da 40 a 50 nelle *calde* successive. Il consumo dell' aria varia secondo la grandezza del fuoco, da 0,3 a 2,5 m^3. al minuto. Quando il pezzo viene estratto dalla fucina, bisogna sempre scuoterlo fortemente onde liberarlo dalle scaglie di ossido di ferro.

§ 33. - Attrezzatura della fucina.

E' tutto quanto occorre al fucinatore per compiere il suo lavoro. Bisogna distinguere gli *attrezzi* (per la condotta del fuoco e per afferrare i pezzi), dagli *arnesi* (che servono d' appoggio o di sostegno ai pezzi), dagli *utensili* (che si usano per lavorare i pezzi) e dagli *strumenti* (per misurarli e controllarli).

Gli attrezzi per la condotta del fuoco sono:

1° - *il raschiatoio*;

2° - *l' attizzatoio*, per attizzare le braci;

3° - *la paletta*, per prendere il carbone;

4° - *le molle da fuoco*, per prendere le braci;

5° - *l' aspergitoio*, per bagnare le braci;

6° - *la secchia*, per lo stesso uso e per spegnere il fuoco.

Per afferrare i pezzi usansi le tenaglie (fig. 38), che distinguonsi, secondo la forma, in *tenaglie piatte a bocca aperta* e *a bocca chiusa* (per prendere ferri piatti e lamiere) *tenaglie a canale* e *tenaglie tonde* (per prendere pezzi cilindrici, prisma-

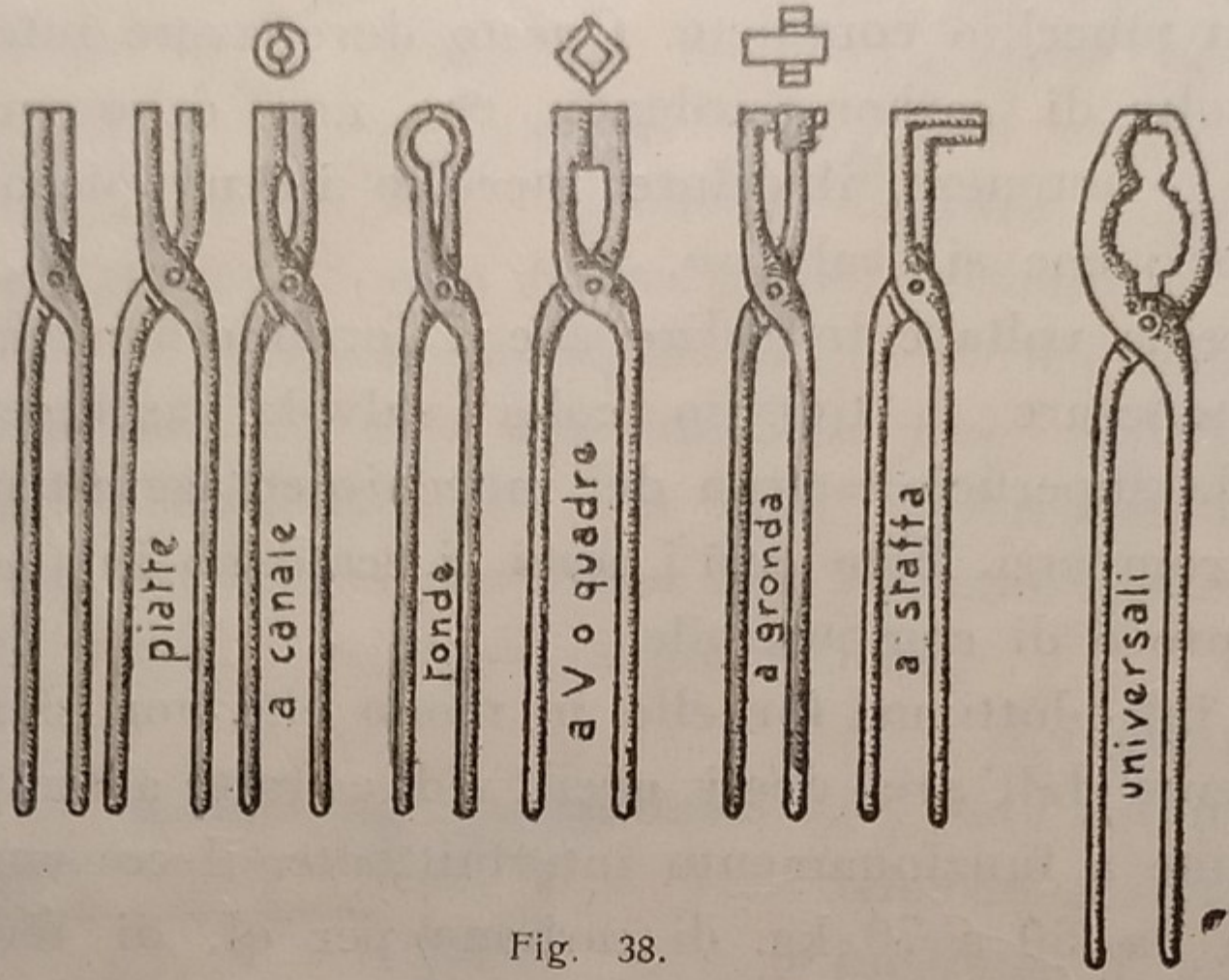


Fig. 38.

tici o conici) *tenaglie a gronda e a staffa* (per prendere piastrine e piccoli pezzi) *tenaglie a V* (per prendere ferri quadri) e *tenaglie universali* (per afferrare qualunque pezzo).

Gli arnesi d'appoggio e di sostegno sono: *l'incudine, il tasso, la morsa da fucina, il cavalletto, la dama e il cono foggia-anelli.* Gli utensili per la lavorazione, hanno forme appropriate agli sforzi che devono esercitare sui pezzi.

Si distinguono nelle seguenti specie:

1° - *Utensili battitori* (martelli e mazze).
2° - *Utensili spianatori* (spianette).
3° - *Utensili strozzatori* (presselli).
4° - *Utensili tagliatori* (taglioli).
5° - *Utensili* foratori (punzoni).

Il *cavalletto* è un sostegno di ferro che serve ad appoggiare i pezzi lunghi che si mettono nella fucina. *La morsa da fucina* (fig. 39) è una morsa a coda che viene fissata al muro o al banco della fucina.

L'*incudine* (fig. 40) che serve d'appoggio ai pezzi durante il lavoro, è un grosso parallelepipedo d'acciaio fucinato, terminante ad una estremità con una punta piramidale *C* (corno piramidale o quadro), all'altra con una punta conica *D* (corno tondo).

La parte piana *B*, compresa tra i due corni, si chiama *banco dell'incudine.* Sul banco sono inoltre disposti: un foro quadrato *E* presso il corno quadro, ed un foro cilindrico *F* presso il corno tondo. Il primo serve ad infilarvi i codoli di

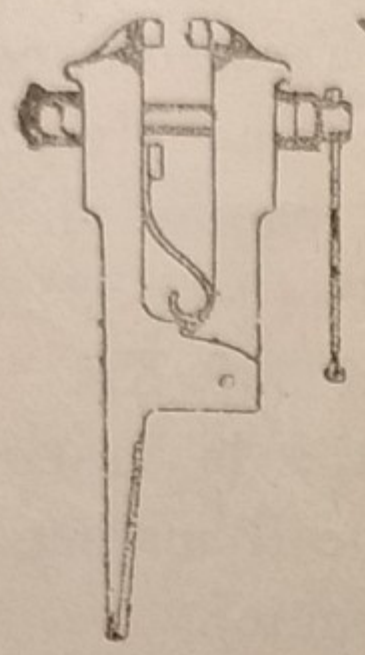


Fig. 39.

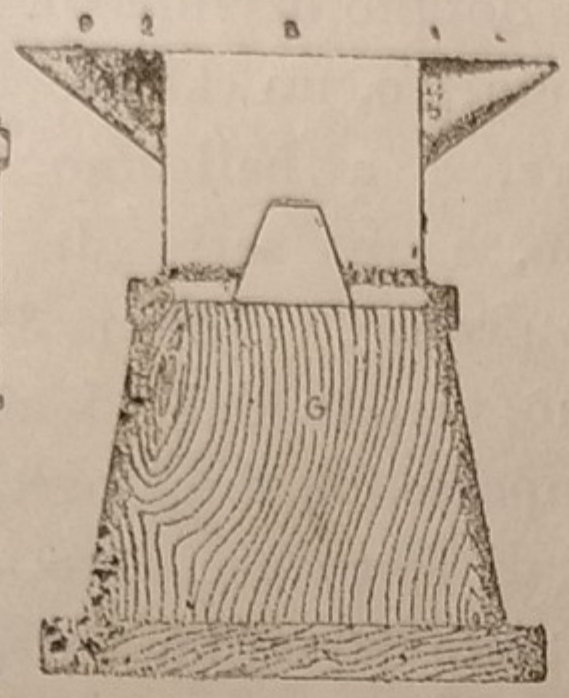


Fig. 40.

Fig. 41.

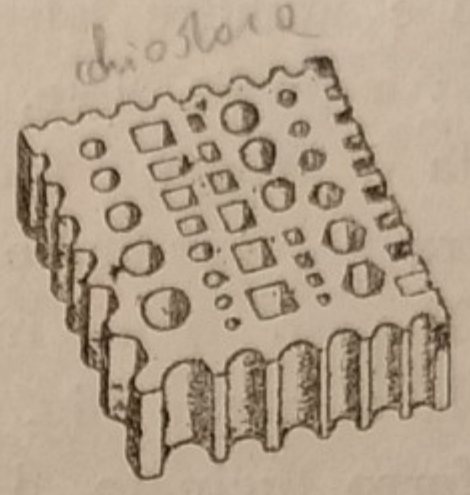


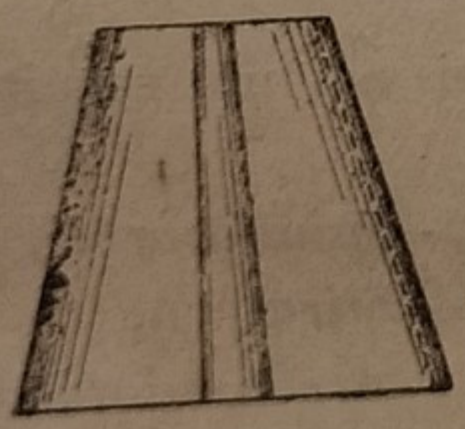
Fig. 42.

alcuni utensili, il secondo per mettervi delle spine e piegare dei ferri tondi. Tutto il corpo dell' incudine poggia su quattro gambe, che si fissano sopra un *ceppo* di legno *G* duro e resistente.

Il *tasso* (fig. 41) è un' incudine senza corni. E' munito, invece delle gambe, di un codolo che si conficca nel ceppo. La *dama* (fig. 42) è un lastrone di ghisa, avente diverse serie di fori, di forma e grandezze varie.

Sulla periferia porta inoltre scanalature cilindriche e prismatiche.

Si usa come appoggio ai pezzi da forare e per stampare grossi chiodi, caviglie, bulloni e chiavette. Il *cono foggia-anelli* (fig. 43) è un tronco di cono in ghisa, cavo, munito di una grossa scanalatura, lungo una generatrice. Si usa per sostegno di anelli da fucinare e la scanalatura serve per afferrarli più facilmente con le tenaglie.



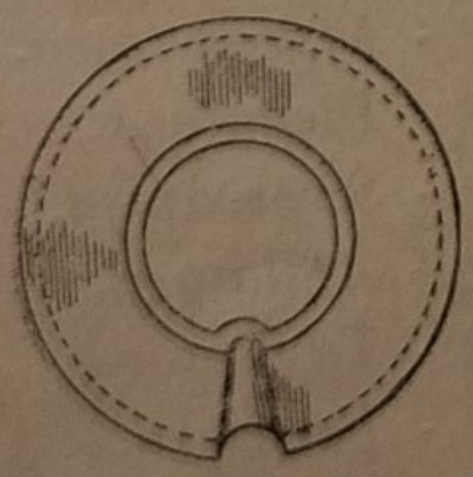


Fig. 43.

L' attrezzatura della fucina, è completata da un certo numero di strumenti di misura,

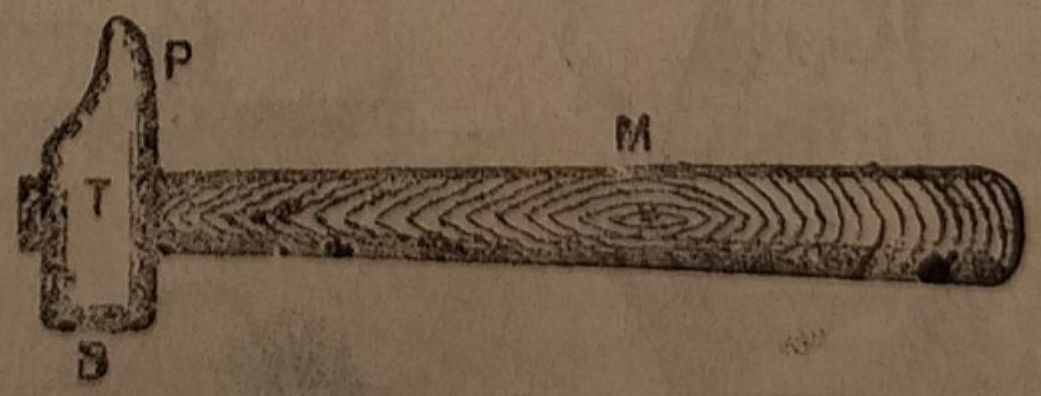


Fig. 44.

tutti metallici: un metro, un doppio decimetro, la riga, squadre fisse e squadre false, un goniometro, un calibro a corsoio, compassi a punte fisse, a spessore, e a ballerino; una livella a bolla d'aria, un filo a piombo, e una serie di sagome di lamiera per verificare i pezzi a profilo. (vedi n. 39-40-41-53).

Il peso di un'incudine può variare dai 15 ai 300 Kg.

Il *martello* (fig. 44) è composto di due parti: la testa *T*, di ferro fucinato, d'acciaio o di ferro acciaiato, e il manico *M* di legno duro elastico e resistente (frassino o faggio).

La testa è di forma parallelepipeda, con una estremità piana *B (bocca)*, e con l'altra a cuneo arrotondato *P (penna)*. Il manico deve essere più grosso dalla parte dell'impugnatura.

La *mazza* (fig. 45) differisce dal martello perchè pesa di più e spesso ha la penna alquanto rotonda; il suo manico è molto

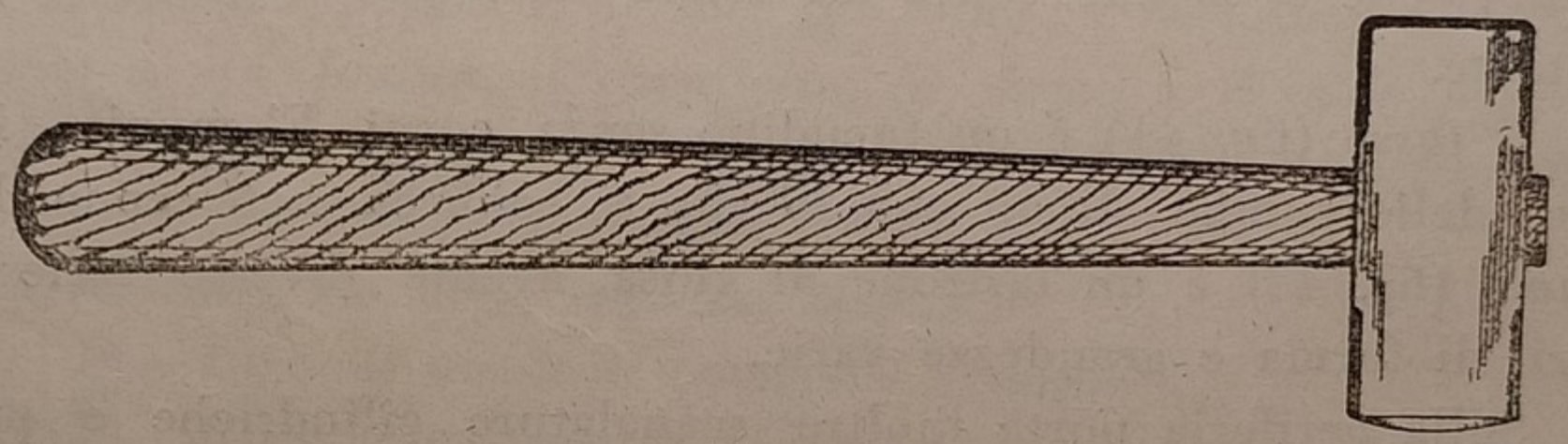


Fig. 45.

lungo e si manovra a due mani. I martelli pesano da 1 a 2,5 Kg., le mazze da 5 a 12 Kg.

§ 34. - Operazioni di fucinatura.

Qualunque lavoro di fucinatura può ridursi ad un seguito di dieci operazioni elementari:

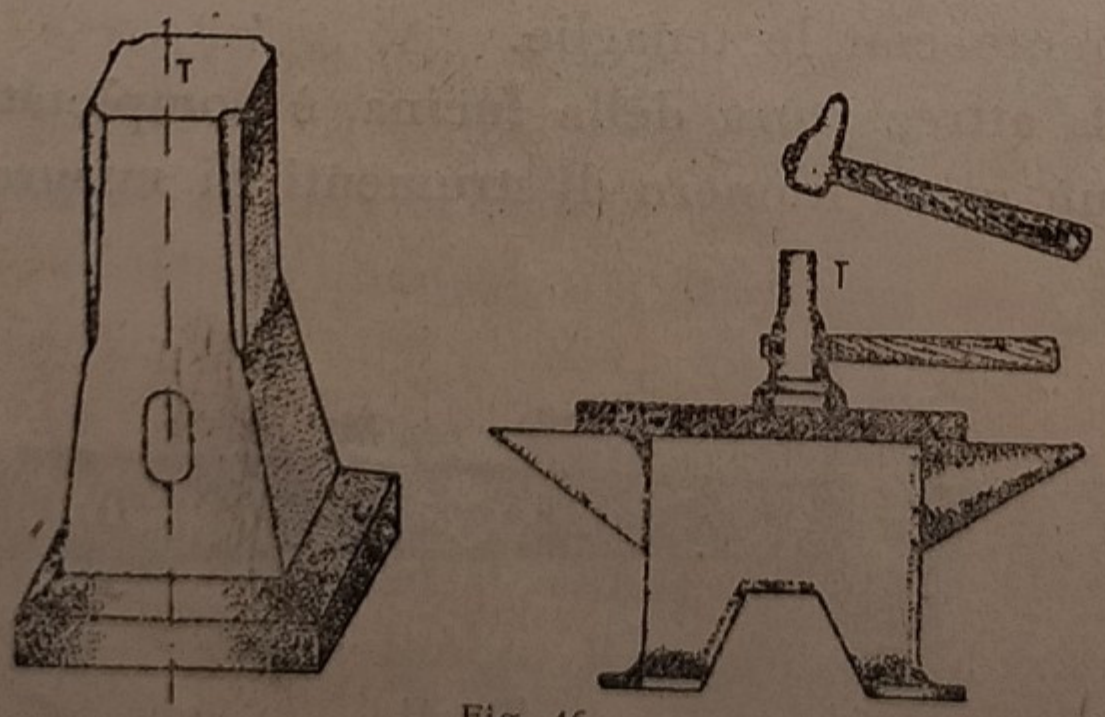


Fig. 46.

1° - *Spianatura.*
2° - *Stiratura.*
3° - *Arrotondatura.*
4° - *Ingrossatura.*
5° - *Piegatura.*
6° - *Strozzatura.*
7° - *Affilatura.*
8° - *Tagliatura.*
9° - *Foratura.*
10° - *Stampatura.*

Spianatura. Consiste nel ridurre a forma piana la superficie scabra od ondulata del pezzo. Si schiacciano prima con colpi leggeri di martello le sporgenze più grosse, si appoggia poi la *spianetta* (fig. 46) sul pezzo, battendo sulla testa *T* a colpi forti e decisi, e spostandola ad ogni colpo di una quantità un po' minore della larghezza della sua base.

Stiratura. Consiste nel fare allungare un pezzo di ferro. L'operazione si eseguisce battendo colpi regolari e forti con la penna del martello, in modo da formare tanti solchi paralleli ed equidistanti (fig. 47). Ad ogni solco il pezzo si allunga di una piccola quantità. Dopo si eseguisce la spianatura.

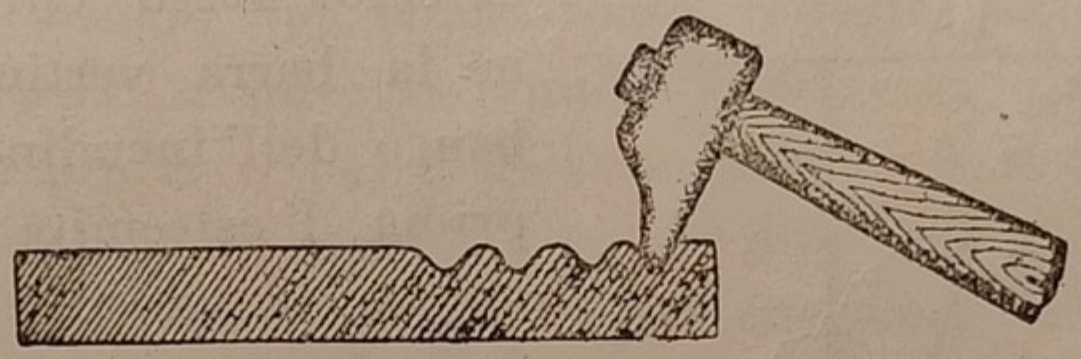


Fig. 47

Arrotondatura. E' la trasformazione graduale di un ferro quadro in ferro tondo. Essa si opera disponendo il pezzo come mostra la fig. (47) e schiacciando successivamente le coppie di

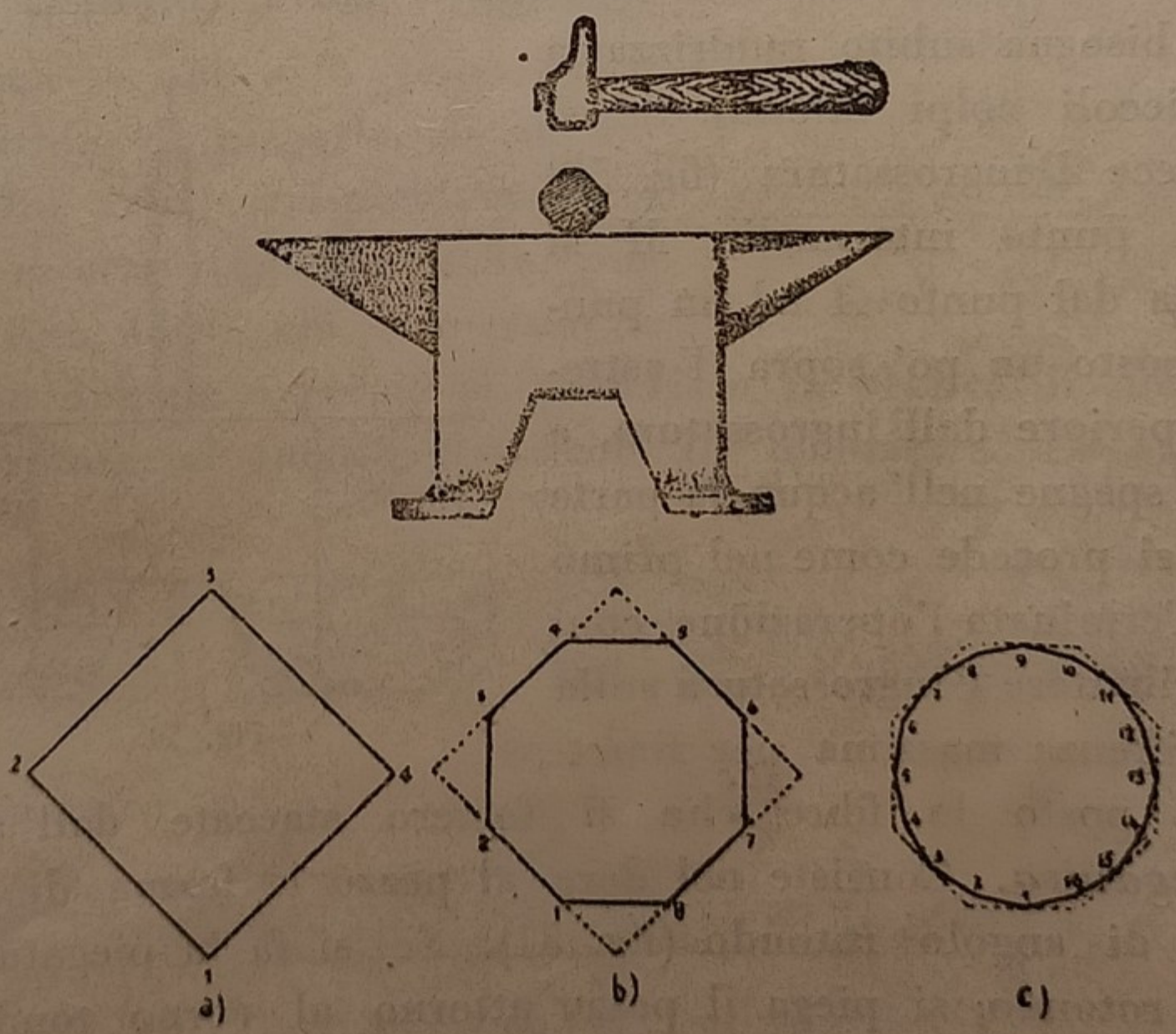


Fig. 48.

spigoli opposti della barra. L' illustrazione (48) pone in evidenza le diverse fasi del lavoro (*a*, *b*, *c*). Questo è lungo e difficile e perciò spesso preferisce farlo mediante appositi stampi. (Vedi stampatura).

Ingrossatura. Questa operazione, detta volgaramente *rincalcatura* (parola non italiana) consiste nel far diventare più grande la sezione del pezzo in un estremo *A* o in un punto intermedio *M*. Se si fa l' ingrossamento all' estremo *A* (figura 49) si porta tale estremo al color rosso ciliegio, si pone la barra verticalmente sul banco dell' incudine, si picchia prima l' estremità *A* direttamente sul banco, e poi la testa della barra con la bocca del martello, nel senso dell' asse del pezzo. Se la barra è sottile, si distende sul banco e si picchia sulla parte calda, sempre nel senso dell' asse. Quando la barra comincia a piegarsi, bisogna subito raddrizzarla con piccoli colpi laterali. Se si fa invece l' ingrossatura (fig. 50) in un punto intermedio *M* si riscalda dal punto *A* ad un punto *C* posto un po' sopra l' estremo superiore dell' ingrossatura, e poi si spegne nell' acqua la parte *AB* e si procede come nel primo caso. Terminata l'operazione, conviene ribattere l' ingrossatura sulla circonferenza massima per rimettere a posto le fibre che si fossero staccate dall' asse.

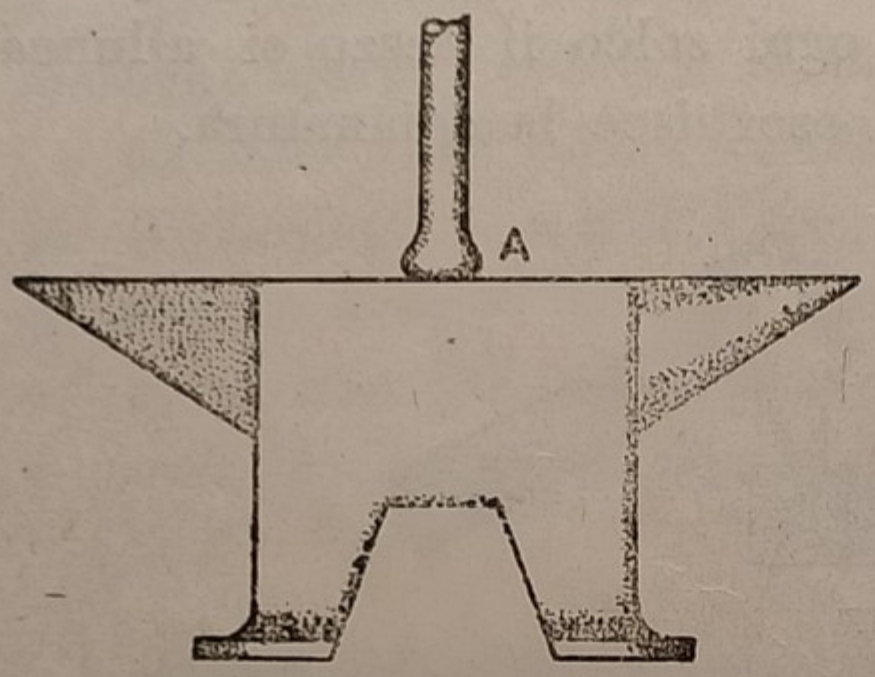


Fig. 49.

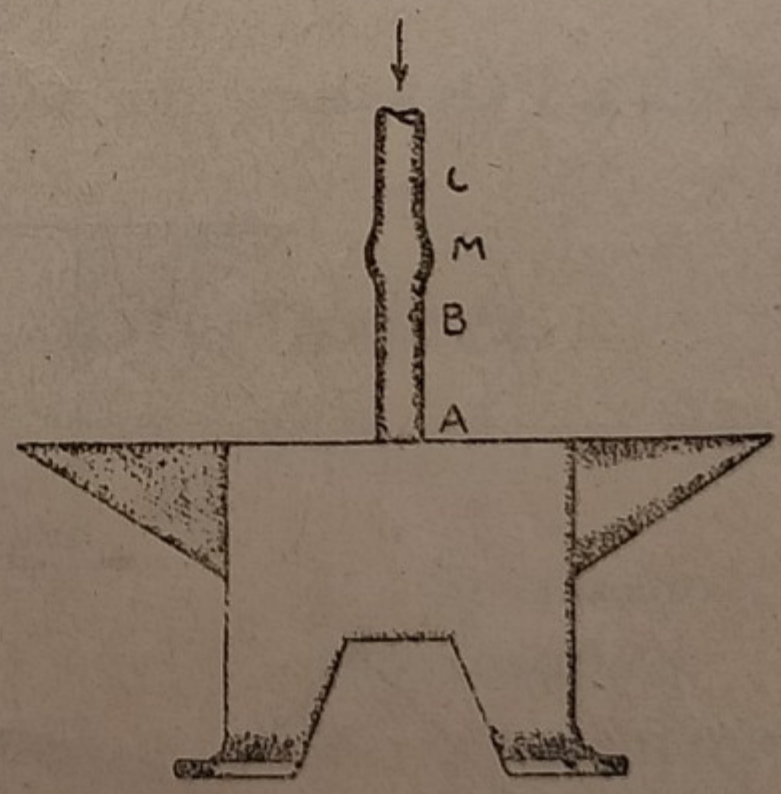


Fig. 50.

Piegatura. Consiste nel dare al pezzo la forma di angolo vivo o di angolo rotondo (fig. 51). Se si fa la piegatura ad angolo rotondo, si piega il pezzo attorno al corno tondo del-

l' incudine, utilizzando i diversi raggi di curvatura di questo. Se la piegatura deve essere di raggio più grande, si eseguisce fissando un' estremità del pezzo sulla morsa da fucina. Per fabbricare un gancio o un occhio all' estremità di una barra, si piega tale estremità attorno ad una spina d' acciaio fissata nel foro tondo dell' incudine. Per fabbricare una molla elicoidale, si gira il filo o il nastro d' acciaio (al color rosso ciliegio) attorno ad una spina cilindrica. Le spire si fanno vicine, e si aggiusta poi a freddo, colle pinze, il passo dall'elica, e quindi si fa la tempera.

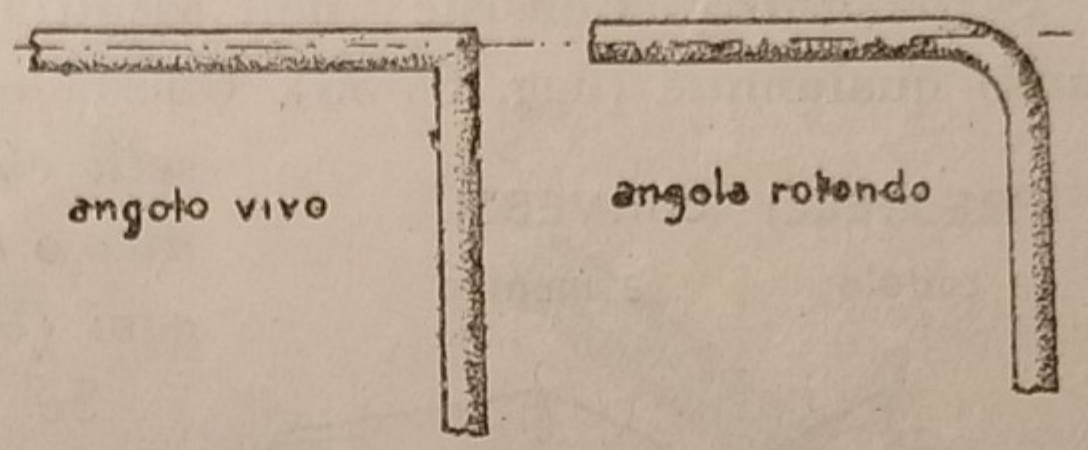


Fig. 51.

La piegatura ad angolo vivo è difficile, perchè le fibre esterne si stirano molto, e quelle interne sono fortemente compresse, quindi sul vertice esterno *E* della piegatura (fig. 52) si ha una deficienza di metallo, e su quello interno *I* un' eccedenza *A*. Quest' ultima si può togliere con la lima, ma non si può rimediare alla prima se non si è provvisto il pezzo, prima di piegarlo, di un sopraметallo *S* in corrispondenza del vertice esterno (fig. 53) della piegatura. Con tutto ciò l' operazione è sempre difficile e perciò si preferisce in pratica di non fare mai piegature ad angolo vivo con la fucinatura. Le squadre

Fig. 52.

Fig. 53.

Fig. 54.

Fig. 55.

si fabbricano a freddo confezionandone i bracci separatamente e poi collegandoli con perni ed incastri.

Strozzatura. Consiste nell' assottigliare una barra in un punto qualunque (figg. 54-55). Questa operazione si fa coi *presselli* che possono essere *a manico* o a *codolo*, *convessi* o *concavi* (Vedi fig. 56).

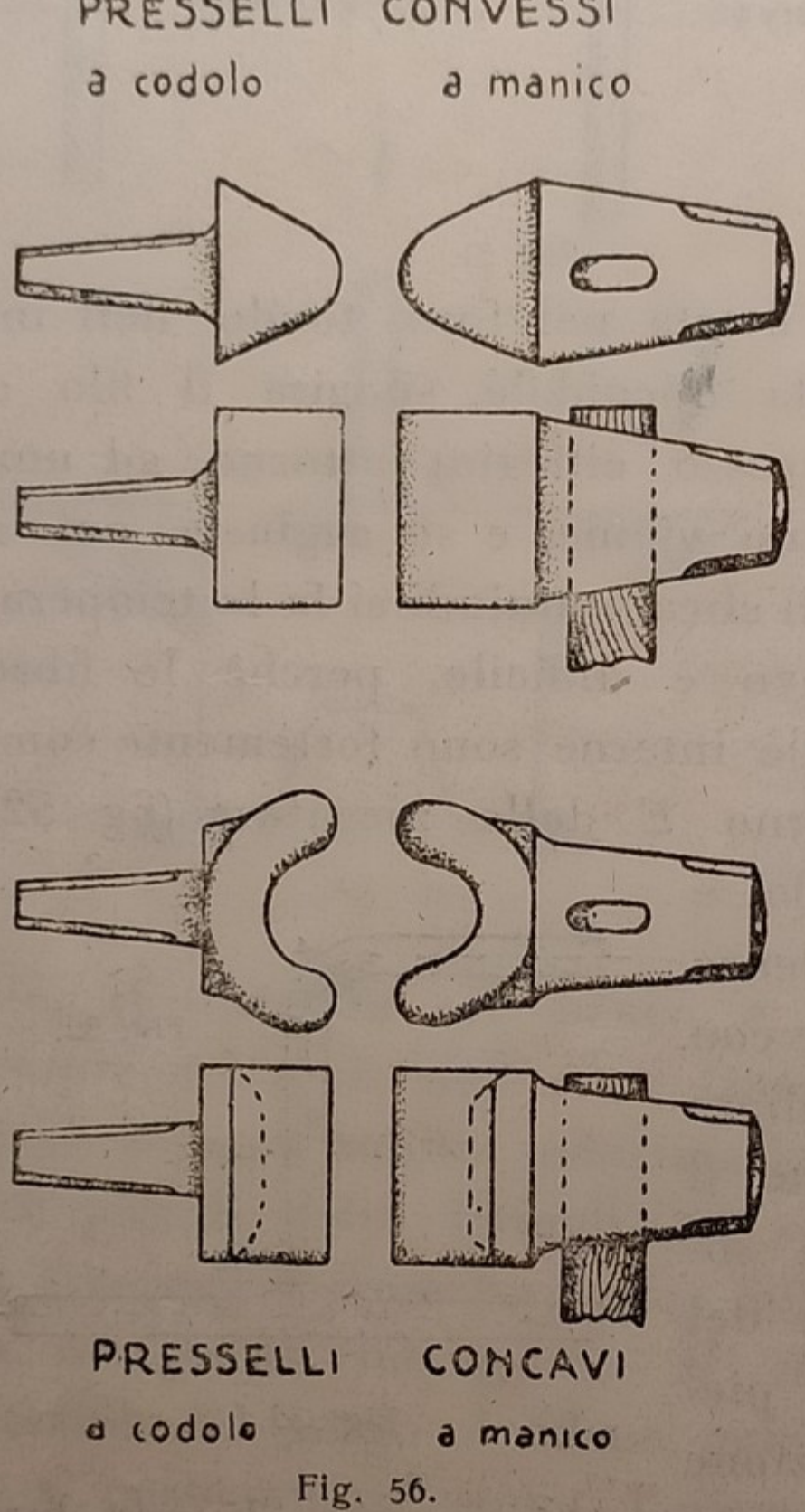


Fig. 56.

Se si usa un pressello a manico (fig. 57) si pone il pezzo sopra l' incudine, si sovrappone il pressello al pezzo e poi si picchia sulla testa del pressello. Se si usa il pressello a codolo, si fissa il codolo del pressello nel foro quadro dell' incudine, si poggia il pezzo sul pressello e si batte direttamente il pezzo (fig. 58 *a*) oppure si schiaccia il pezzo tra il pressello a codolo e quello a manico (fig. 58 *b*).

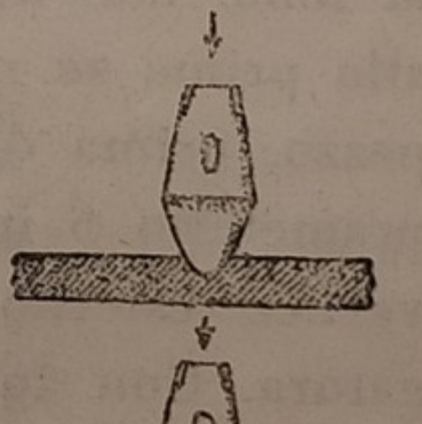


Fig. 57.

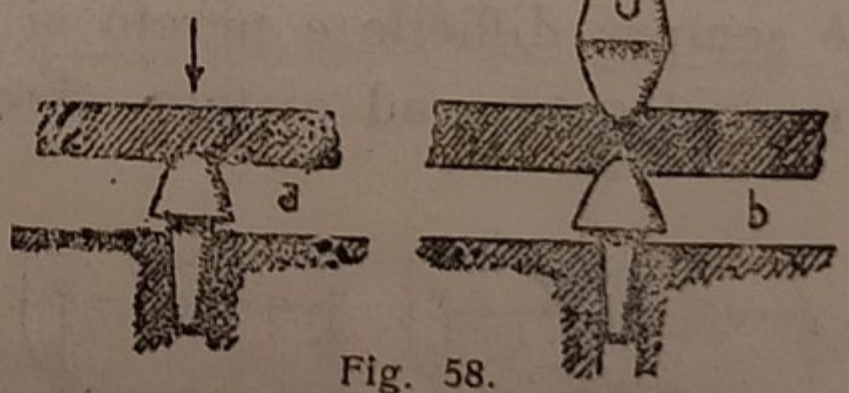


Fig. 58.

L' appiattimento. (fig. 55) È la strozzatura dell' estremità di una barra. Si ottiene picchiando l' estremo della barra posta sul banco dell' incudine con la bocca del martello.

Affilatura. Questa operazione consiste nel tirare l'estremità di una barra a punta di scalpello o a punta conica. Si porta

il pezzo al color bianco e lo si batte uniformemente tutto attorno prima di affilarlo. Si dispone poi l'estremità da affilare (inclinata dell'angolo necessario), sul banco dell'incudine (fig. 59) e si batte alternativamente sulle facce opposte, se la punta deve essere foggiata a scalpello; si batte e si gira continuamente, se la punta dev'essere conica.

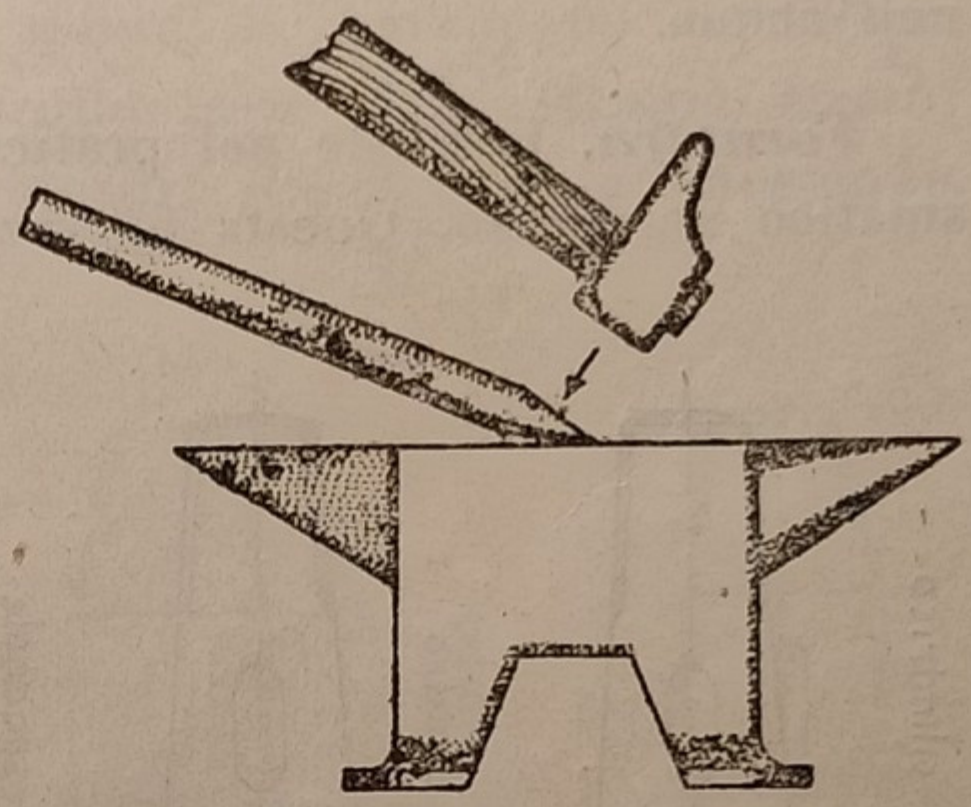


Fig. 59.

Tagliatura. E' l'operazione per mezzo della quale si divide un pezzo in due o più parti. Si fa coi *taglioli* (fig. 60) che possono essere *a manico*, *a codolo* ed a *scalpello*. I taglioli possono usarsi tanto a caldo che a freddo; quelli a caldo hanno lo spigolo smussato, quelli a freddo lo spigolo tagliente. Il taglio viene eseguito per metà sopra una faccia, e per metà sull'altra faccia del pezzo, lasciandovi in mezzo una sottile striscia di metallo che poi si rompe con piegature alterne.

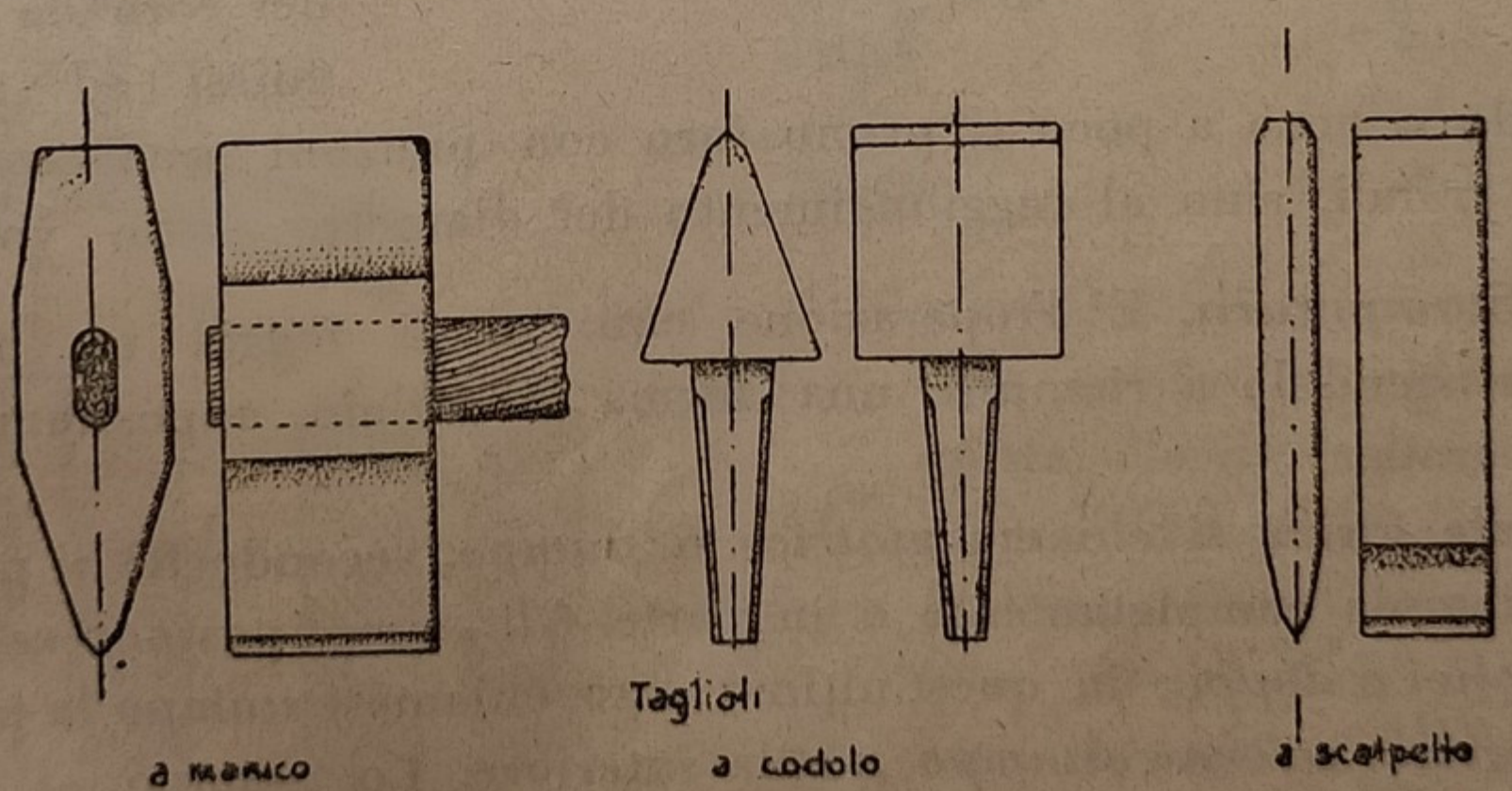


Fig. 60.

Se si tratta di una barra grossa, si fa il taglio su tutto il

perimetro, lasciandovi dentro un filetto di metallo che poi si rompe come nel caso precedente. Per evitare che i taglioli a freddo si incastrino nei pezzi, si cospargono le superfici del tagliente con polvere di carbone, e per conservare più a lungo la tempera dei taglioli a caldo, bisogna raffreddarli spesso nell' acqua.

Foratura. Consiste nel praticare un foro cilindrico o prismatico nel pezzo. Questa operazione si fa coi punzoni (fig. 61) poggiando il pezzo sul foro adatto della dama. Il foro si fa per metà sopra una faccia e per metà sulla parte opposta del pezzo. La foratura si deve fare per gradi, ossia partendo da un punzone più piccolo del foro da eseguirsi ed allargando a poco a poco il primo foro con punzoni gradatamente più grandi, sino al raggiungimento del diametro esatto voluto.

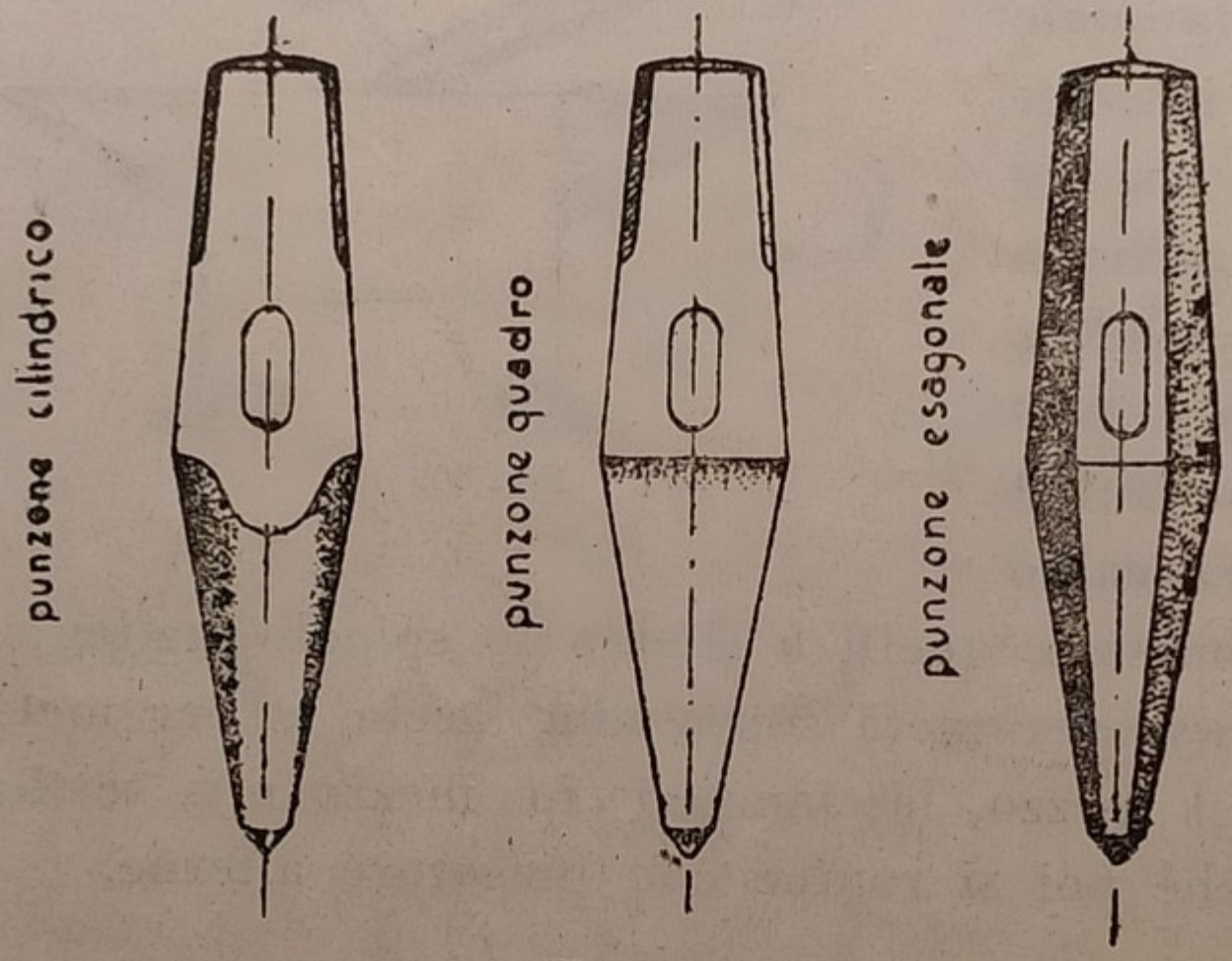


Fig. 61

Stampatura. E' l' operazione con cui si foggia un pezzo costringendolo a riempire una forma d' acciaio appositamente preparata.

Tale forma si chiama *matrice* o *stampo*, secondochè il pezzo la riempie completamente o in parte. Gli stampi possono essere, *semplici* o *doppi* ; in quest'ultimo caso chiamasi *stampo* la parte superiore e *controstampo* quella inferiore. Lo stampo si sorregge col manico ed il controstampo si fissa col codolo al foro dell' incudine.

Le stampature che si fanno in fucina sono poche, poichè

la vera e propria stampatura si eseguisce coi magli e colle presse. In fucina si possono stampare bulloni, caviglie e chiavette con la dama, oppure arrotondare i ferri quadri e stampare teste di bulloni tra stampo e controstampo. Le teste di bulloni (fig. 62) si sbozzano a colpi di martello, per metà nel controstampo e per metà in aria; quindi si sovrappone lo stampo e si finisce il lavoro battendo sulla testa dello stampo stesso. L'arrotondamento di un ferro quadro (fig. 63) si fa smussando prima gli spigoli del pezzo, e poi battendolo e girandolo tra stampo e controstampo. Una matrice molto usata è quella per stampare bulloni grezzi (fig. 64).

Fig. 62. Fig. 63.

Bollitura. La bollitura consiste nel congiungere due pezzi di ferro o di acciaio dolce portati al color bianco, sovrapponendoli e battendoli con la mazza o col martello. E' necessario che la fucina sia ben pulita, che il carbone sia puro e ben acceso e che la temperatura prescritta non venga mai sorpassata. L'unione dei due pezzi può farsi in due modi: *ad unghia od a bocca di lupo*. Nel primo caso, si ingrossano le

Fig. 64.

due estremità *A* e *B* (fig. 65) e quindi si foggiano ad unghia.

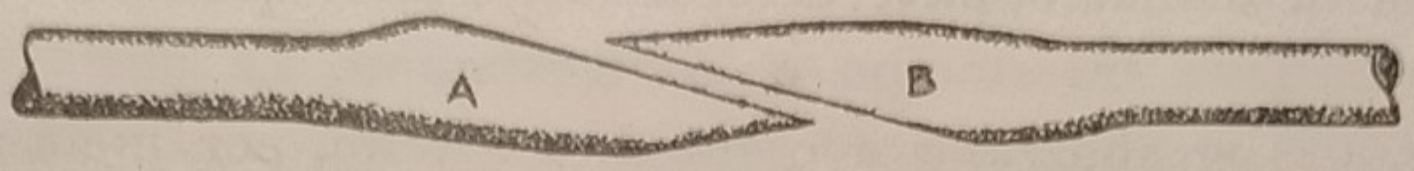


Fig. 65.

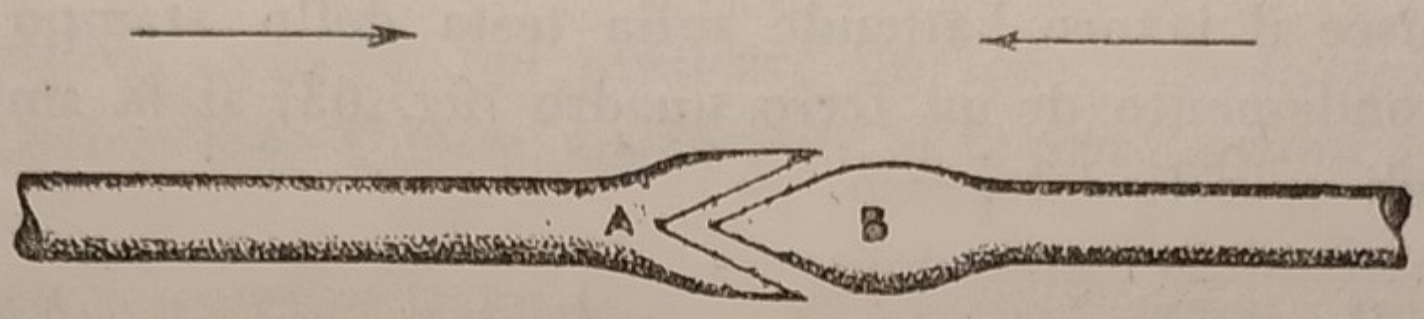


Fig. 66.

Nel secondo caso, dopo averle ingrossate, si foggia l' estremità *A* a coda di rondine, e l' estremità *B* a cuneo (fig. 66).

Ciò si fa per ingrandire le superfici d' attacco e, per conseguenza, facilitare l' adesione dei pezzi. Siccome però, nonostante lo scuotimento, rimangono sempre sulle superfici d' attacco delle piccole scaglie di ossido, queste vengono eliminate, cospargendo tali superfici con una sostanza deossidante (borace, vetro pesto o sabbia silicea per il ferro; borace con polvere di carbone per l' acciaio). In questo modo detta sostanza si fonde e scioglie l' ossido di ferro, formando una scoria che viene scacciata con la battitura dei pezzi sovrapposti.

Bisogna battere i pezzi sovrapposti prima con colpi leggeri, poi con colpi forti e decisi.

§ 35. - Magli e presse.

Non sempre è possibile o conveniente la *fucinatura a mano*, perchè, quando i pezzi da foggiare sono molto grandi, i mezzi a disposizione della fucina non sono più adatti a compiere efficacemente il lavoro, e, quando è necessario fare una *lavorazione in serie*, la lentezza di azione di tali mezzi non permette la celerità del lavoro. In questi casi dunque s' impone l' uso della *fucinatura meccanica*, che si eseguisce con

macchine di due specie: *i magli* o *le presse*. E' bene dire subito le differenze che caratterizzano il modo d'agire di questi due tipi di macchine. *Il maglio agise violentemente e velocemente* ossia *con una serie di urti istantanei* e perciò produce effetti non uniformi sulla massa del pezzo; lo schiacciamento della materia diminuisce dalla zona superficiale al centro del pezzo. *La pressa agisce potentemente e lentamente* ossia *con una pressione continua e lenta* e perciò produce effetti più uniformi e profondi sulla massa del pezzo. Ne viene di conseguenza che i grossi pezzi si prestano più per la lavorazione alla pressa che non per quella al maglio.

Magli. Anticamente si usavano i *magli a caduta libera* e quelli *a leva;* nei primi la *mazza* era sollevata a mano, mediante una fune accavalcata ad una carrucola o ad un tamburo, e poi veniva fatta cadere liberamente sul pezzo poggiato sull' *incudine;* nei secondi la mazza, fissata alla leva, veniva innalzata mediante una ruota munita di risalti o denti speciali (ruota a palmole) e spesso mossa dall' energia idraulica, e poi si lasciava cadere. La leva poteva essere: *interfissa (maglio ad altalena). interresistente (maglio frontale)* o *interpotente (maglio a sollevamento).* In tutti questi magli l' effetto del colpo era dovuto esclusivamente al peso della mazza e l' azione, dato il tipo dell' energia motrice adoperata, era naturalmente lenta. Si è quindi cercato di aumentare la potenza e la velocità dei magli ricorrendo all' uso delle varie energie meccaniche oggi disponibili (pressione del vapore, energia elettrica, aria compressa) e si è giunti così ai magli moderni che possono essere *rigidi* od *elastici*. Nei primi (*magli a vapore* e *magli a frizione*) la mazza agisce in virtù del proprio peso, dell' altezza di caduta e, qualche volta, anche della pressione del vapore ed il colpo risulta sempre *rigido;* nei secondi l' effetto del colpo viene aumentato dalla reazione di un corpo deformabile (molla od aria compressa) che stabilisce il collegamento della mazza coll' organo motore della macchina e perciò il colpo risulta *elastico*. A quest' ultima categoria appartengono i *magli a molla (a balestra arcuata* o *diritta)* ed *i magli atmosferici (ad aria compressa).*

I *magli a vapore* si distinguono in: *a semplice effetto* (la pressione del vapore serve solo all' innalzamento della mazza) e *a doppio effetto* (la pressione del vapore, oltre a sollevare la mazza, serve anche ad aumentare la potenza del colpo nella discesa). La mazza è sempre disposta all' estremità del gambo di uno stantuffo scorrevole in apposito cilindro e mosso dal vapore. Le fasi del movimento sono regolate con un *cassetto distributore* del vapore o con *valvole*. La (fig. 67) mostra la costruzione di un *maglio a vapore a doppio effetto,* tipo Massey.

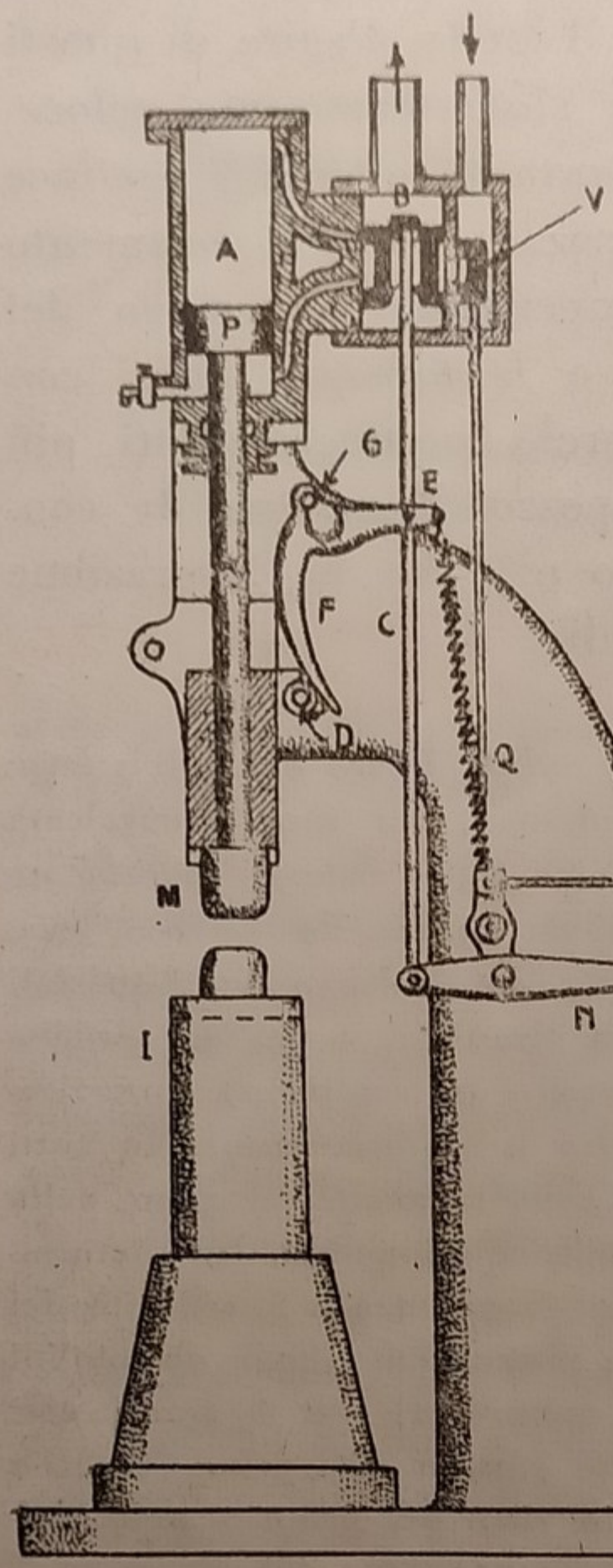


Fig. 67.

A è il cilindro, in cui scorre il pistone *P*, il cui gambo *S* è collegato alla mazza *M* battente sull' incudine *I*. *B* è il cassetto di distribuzione del vapore (comandato a mano colla leva *N* agente sull'asta *C* ed automaticamente col perno *D* fissato alla mazza ed agente sulla leva *F* imperniata in *E* all' asta *C*). *V* è la valvola per l' ammissione del vapore nel cassetto, che è comandata dalla leva *L*. Quando la leva *N* si abbassa, l' asta *C* si innalza ed il vapore spinge il pistone *P* dal basso in alto, facendo sollevare la mazza *M*; il contrario avviene alzando la leva.

Il fulcro *G* della leva *F* può essere spostato ed allora viene a variare la posizione della leva; ciò permette di regolare l' altezza di caduta della mazza secondo le necessità. Quando la mazza discende (sotto l' azione del proprio peso e del vapore) la molla *Q*, precedentemente distesasi, riporta la leva *F* e l' asta *C* nella posizione relativa antecedente.

La (fig. 68) rappresenta un maglio a vapore del tipo descritto con incastellatura a due montanti (peso della mazza 5000 kg.).

La (fig. 69) mostra schematicamente il funzionamento di un *maglio a frizione*. La mazza *M* è collegata ad un tavolone *T* di legno duro e tenace (acero). Questo è disposto verticalmente tra i tamburi di frizione *A* e *B* mossi, in sensi opposti e con uguali velocità, dalle pulegge *P* e *P'*. I tamburi girano attorno ai perni *O* ed *O'* eccentrici rispetto agli altri due perni *C* e *C'* ai quali sono fissati. Questi ultimi sono collegati cinematicamente mediante due settori dentati *S* ed *S'*, su uno dei quali si può agire mediante un sistema di leve. Abbassando tale sistema i tamburi si accostano, afferrano la tavola e sollevano la mazza; innalzandolo, i tamburi si allontanano e lasciano cadere la tavola e la mazza. Quest' ultima, come in molti altri magli, è guidata nella caduta da nervature laterali *N* scorrenti in scanalature dei montanti della macchina.

Nella (fig. 70) si vede lo schema di un *maglio a molla*. L'albero motore della macchina termina col disco-manovella *D* al cui bottone *O* è imperniata la biella *B*. Questa è collegata alla balestra curva *M* unita, colle articolazioni *P* e *Q*, ai bracci *C* e *D'* congiunti a snodo al perno di sospensione della mazza *M'*. Quando la mazza dà un colpo, essa rimbalza verso l'alto facendo distendere la molla. Questa raccoglie l'energia dovuta al rimbalzo e la

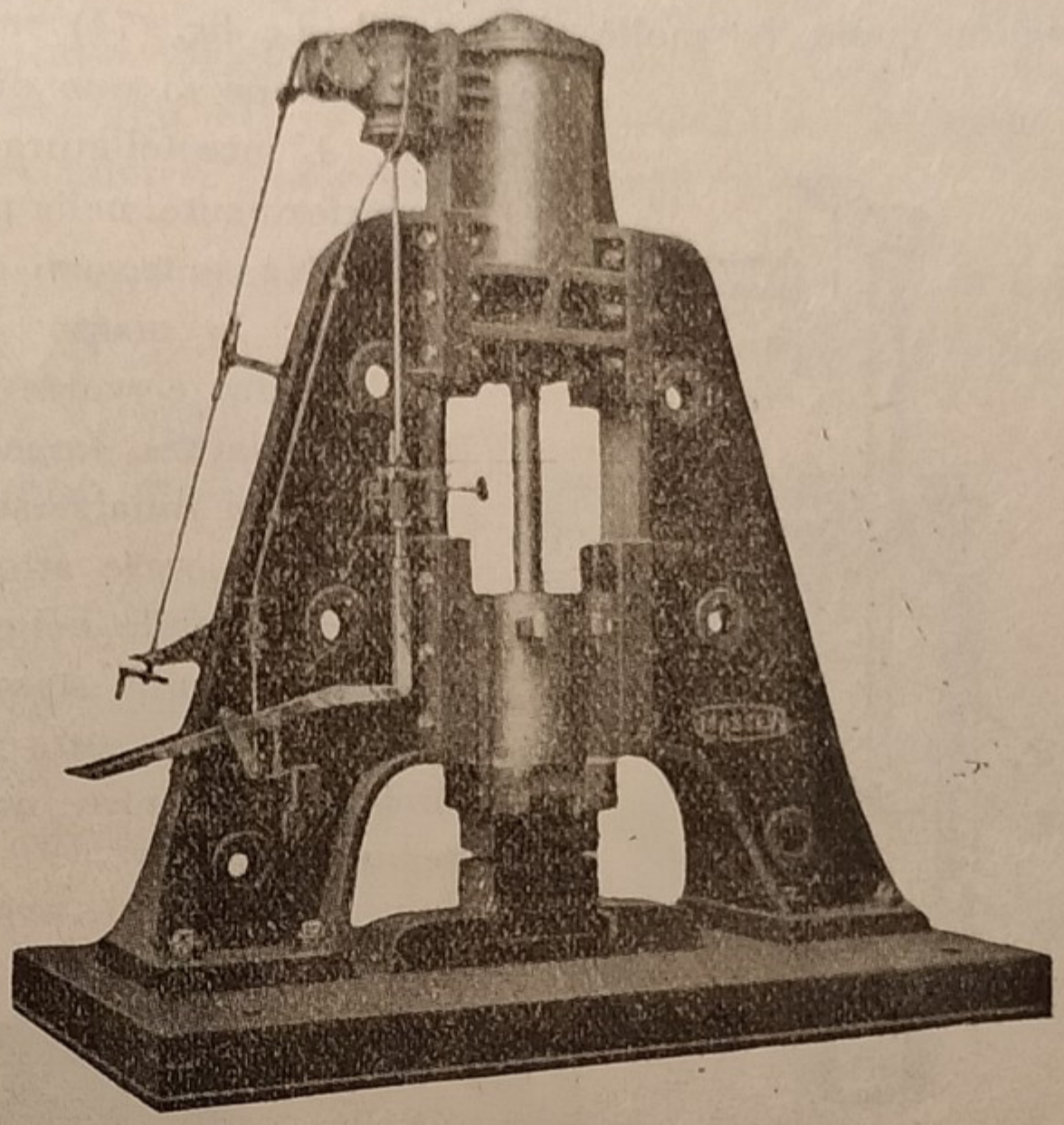


Fig. 68.

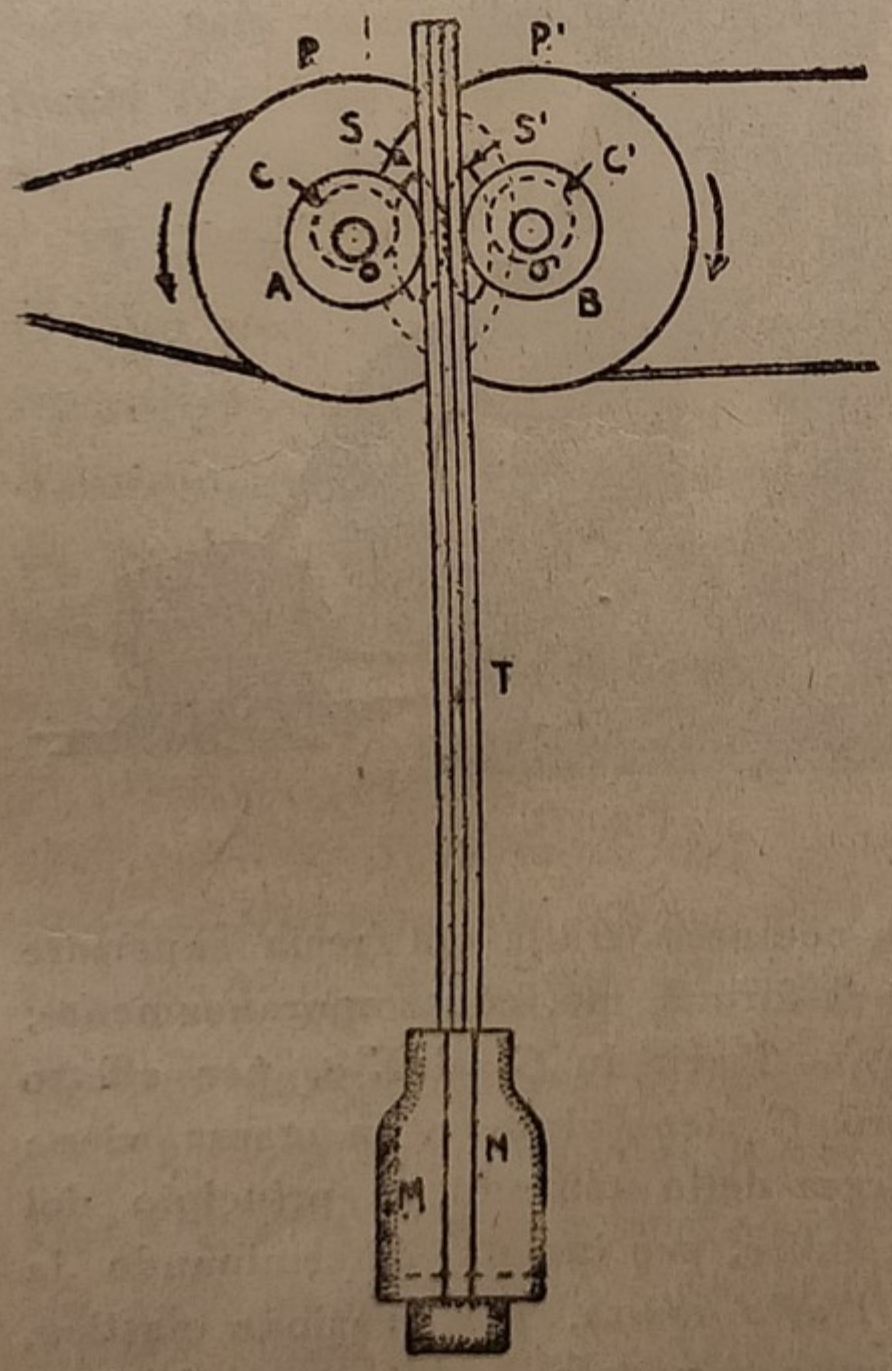


Fig. 69.

restituisce nel colpo susseguente. In tal modo la potenza del colpo rimane notevolmente accresciuta.

Il più perfetto maglio elastico è quello atmosferico, in cui l'aria compressa funge da molla (senza mai perdere la propria elasticità, perchè l'aria non si

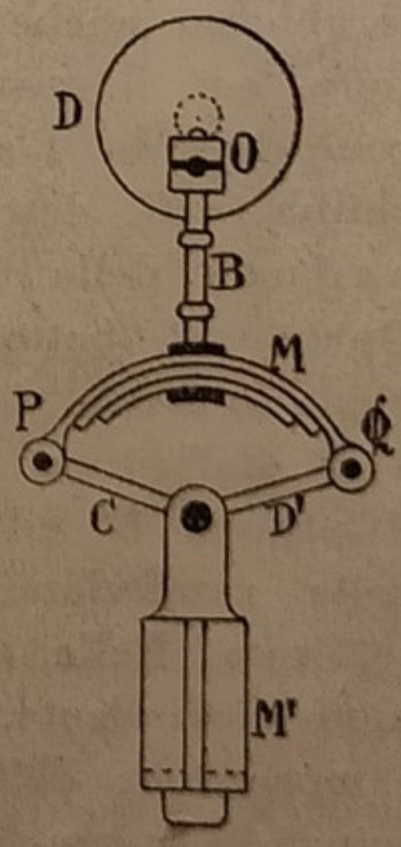


Fig. 70

logora come le molle d'acciaio). La fig. (71) mette in rilievo la conformazione di uno di tali magli, il tipo Chenot. L'incastellatura della macchina porta superiormente, nella parte anteriore, una cavità cilindrica, entro cui scorre il cilindro cavo *C* portante la mazza *M*. Il piuolo *P*, solidale col cilindro e scorrevole nella feritoia *F* dell'incastellatura, impedisce al cilindro di abbassarsi od innalzarsi più del necessario come anche di ruotare attorno al proprio asse. Lo stantuffo mobile nel cilindro ha due pistoni *A'* e *B'* fissati sullo stesso stelo e situati l'uno sopra e l'altro sotto il diaframma fisso *H*, che divide il cilindro nelle camere *E* e *G* contenenti aria.

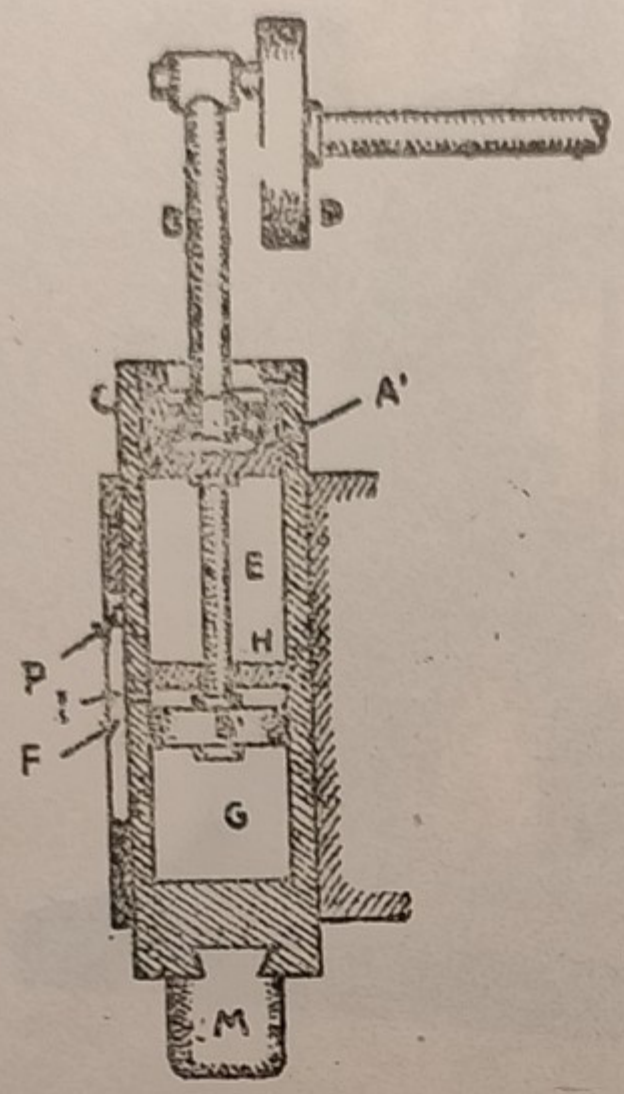


Fig. 71.

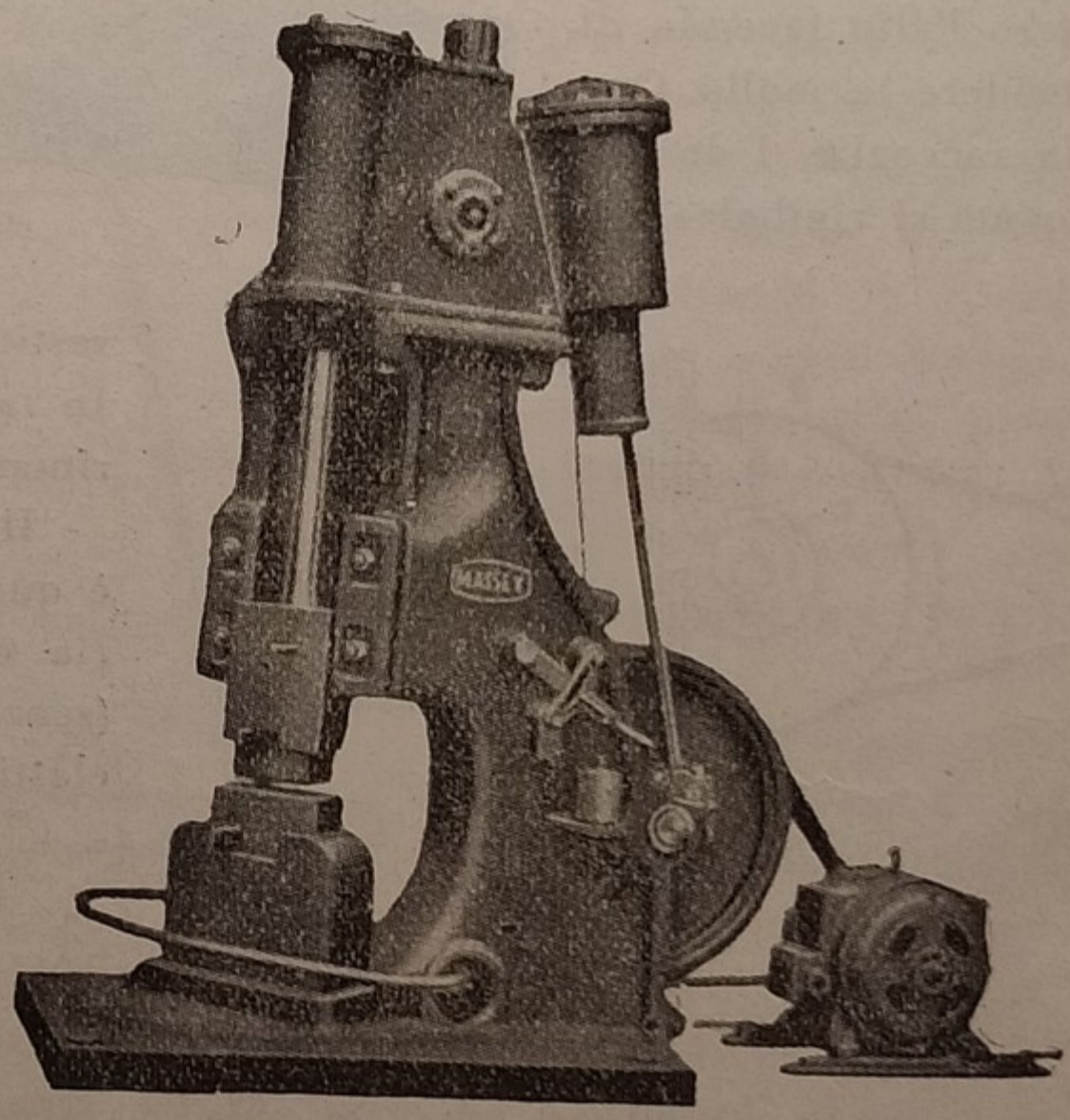


Fig. 72.

Il pistone *A'* è collegato con un pernotto interno al piede della biella *B*, la cui testa abbraccia il bottone eccentrico del disco-manovella *D*. Quando il bottone, per la rotazione del disco, si abbassa, si abbassa anche lo stantuffo ed il pistone *B'*, comprimendo l'aria racchiusa in *G*, determina la caduta della mazza. Quando il bottone s'innalza lo stesso pistone comprime l'aria compresa tra la sua faccia superiore e il diaframma e la fa sfuggire per il foro *I*, ma, contemporaneamente, il pistone *B'* ed il pistone *A'* rarefanno l'aria in *G* ed *E* e, per effetto della rarefazione, il peso del cilindro *C* viene vinto e la mazza viene sollevata. Nella successiva fase di discesa dello stantuffo, al principio del moto discendente, il cilindro seguita a salire, per inerzia, determinando la compressione dell'aria in *G*, finchè l'aria stessa, per reazione elastica, spinge la mazza in giù. Con questo maglio si possono raggiungere forti velocità e si può ottenere automaticamente la regolazione dell'altezza di caduta.

La fig. 72 mostra un moderno maglio pneumatico nel quale il movimento della mazza è ottenuto mediante compressione e aspirazione dell'aria da parte di uno stantuffo azionato da un meccanismo di biella e manovella. L'intensità dei colpi si può regolare con una valvola.

I magli più veloci sono quelli a vapore (fino a 500 colpi, se a doppio effetto). Il peso della mazza è ordinariamente da 25 a 300 Kg., ma vi sono anche mazze che pesano molto di più.

Le *presse*, che oggi si sostituiscono convenientemente ai magli sia nei lavori di fucinatura che in quelli di stampatura, possono essere *idrauliche*, *ad eccentrico*, *a frizione* ed *a slitta orizzontale*. Le presse idrauliche sono molto usate e si prestano molto bene alla fucinatura di grossi pezzi (corazze, fusti di cannone ecc.).

La fig. 73 ne rappresenta il tipo più comune. La pressa idraulica è composta di un basamento *A* collegato al blocco di testa *B* da quattro colonne *G*, lungo le quali può scorrere il pistone *D* portante la mazza *M*. Detto pistone può essere sollevato dal *pistone elevatore C*, unito, coi tiranti *T* e *T'*, alla traversa *R*, con cui fa corpo il pistone *D*. L'acqua, la cui pressione è ottenuta per mezzo di un apparecchio detto *accumulatore*, entra per il tubo *P*

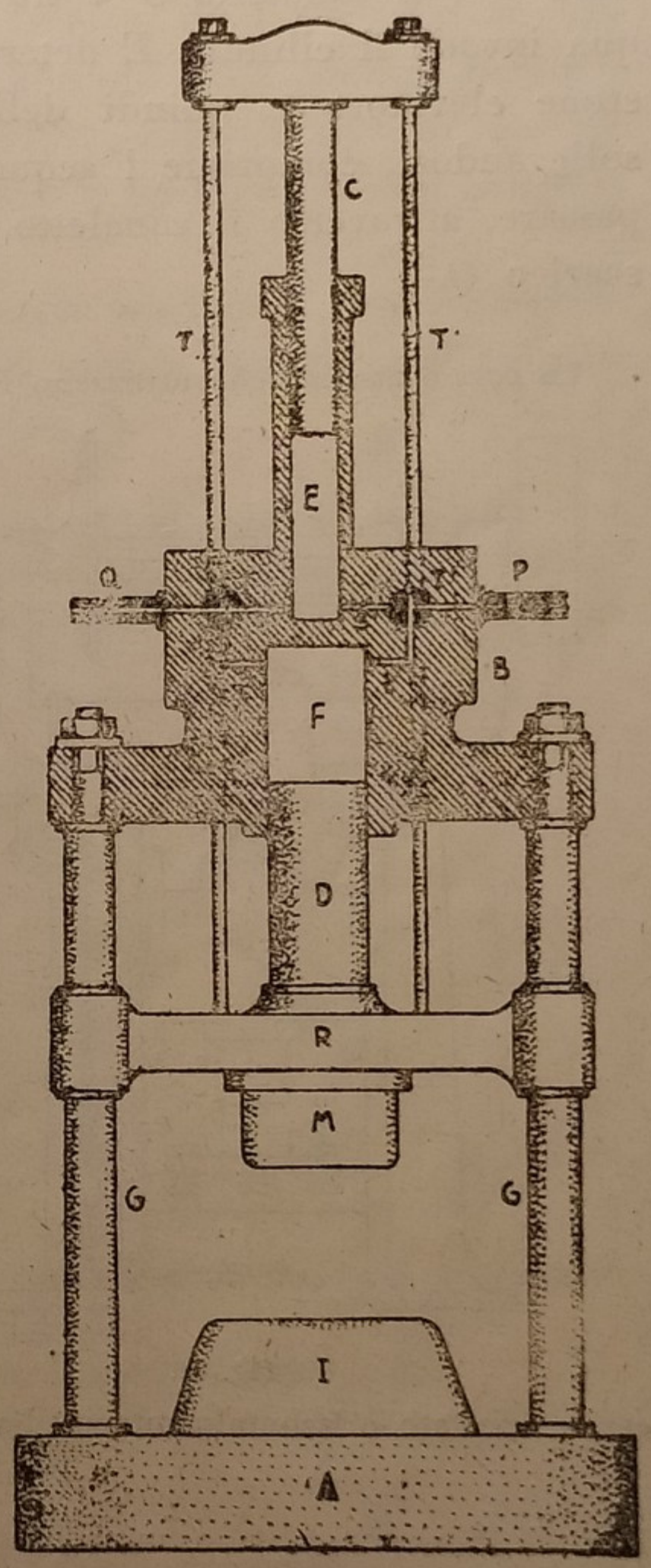


Fig. 73.

dal quale può passare, manovrando i rubinetti a tre vie r ed r', sia nel cilindro E che nel cilindro F, per poi essere espulsa attraverso il tubo Q. Se il rubinetto r' è disposto, insieme coll'altro r, come mostra la figura, l'acqua passa per il canaletto t' nel cilindro F e spinge in giù il pistone D colla mazza M ad esso collegata. Stabilendo in seguito la comunicazione tra il tubo P e il canaletto S' e tra il canaletto t ed il tubo Q l'acqua invade il cilindro E determinando l'innalzamento del pistone elevatore e quindi della mazza, mentre, quest'ultima, sollevandosi, comprime l'acqua racchiusa in F e l'obbliga a passare, attraverso il canaletto t e il rubinetto r al tubo di scarico Q.

Le *presse meccaniche* utilizzano l'energia di un volano e si usano per lavori leggeri di deformazione plastica (imbutitura, stampaggio e tranciatura delle lamiere, ecc.). Il movimento della slitta può essere realizzato da un eccentrico *(presse ad eccentrico)* o da un albero a manovella collegato col volano.

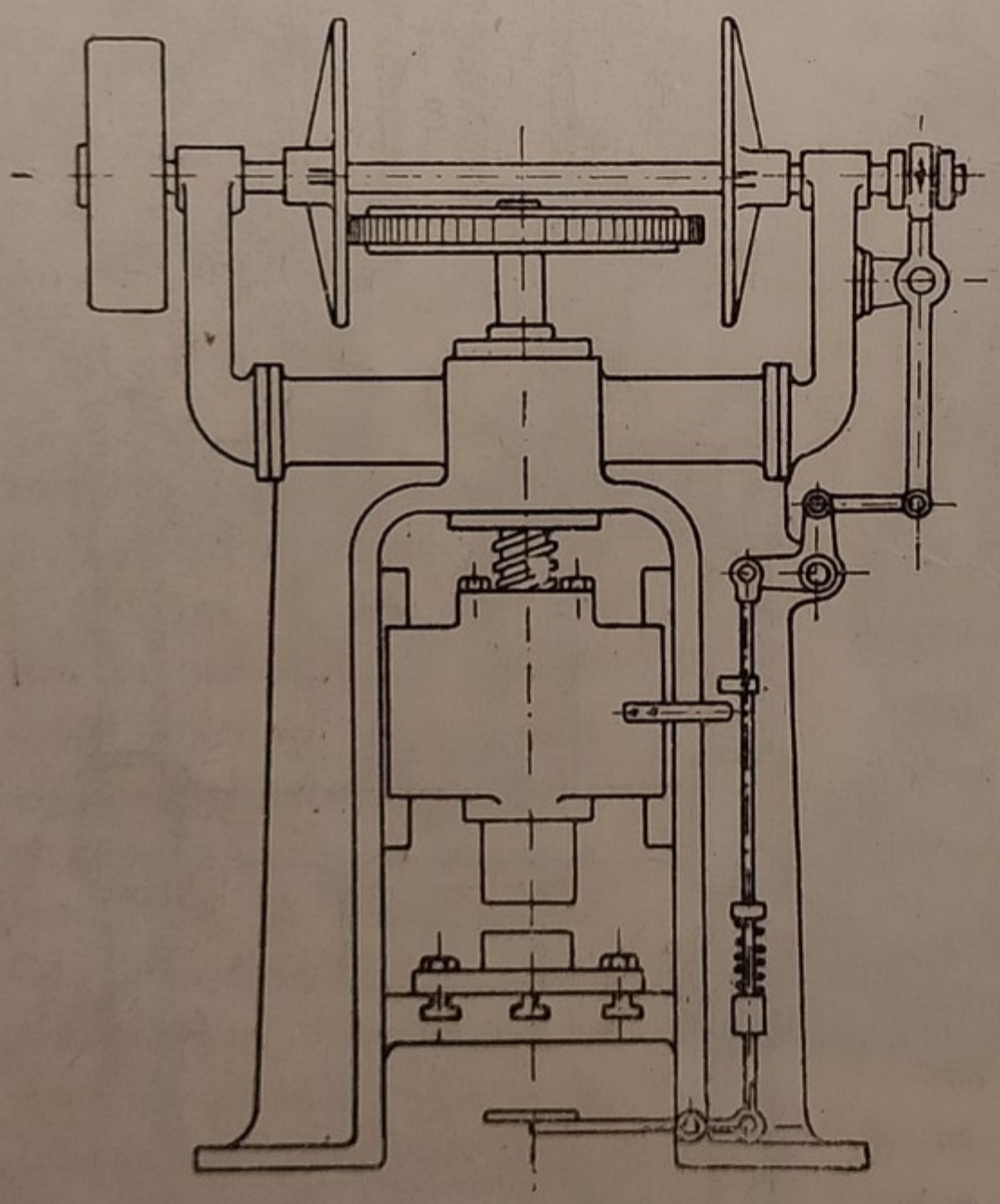


Fig. 74.

Nelle *presse a frizione*, o a vite, (fig. 74) la corsa verticale della slitta è comandata da una grossa vite a più principi che può ruotare in un senso o in quello opposto secondo che il volano, fissato sulla testa della vite, viene a contatto con l'uno o l'altro dei due dischi di frizione. I dischi sono calettati su un albero che riceve il movimento da una puleggia e può essere spostato orizzontalmente mediante una leva a pedale.

§ 36. - Stampaggio.

Lo stampaggio è una operazione che può effettuarsi a caldo o a freddo mediante magli o presse. Il metallo viene compresso per mezzo di apposite attrezzature (stampi e controstampi).

Si stampano a caldo alberi a gomito, bielle, ecc. e in genere pezzi di spessore non molto piccolo. Gli stampi possono presentare una sola impronta (stampi semplici), ovvero diverse impronte per sgrossatura, sbozzatura e finitura (stampi progressivi).

Lo stampaggio a freddo si effettua mediante presse meccaniche ed ha particolare importanza per le lamiere dalle quali possono ottenersi i pezzi più svariati [1]).

Le principali operazioni di stampaggio a freddo sono le seguenti:

1. *taglio* della lamiera mediante cesoia, o tranciatura (vedi n. 43);
2. *imbutitura* (o imbottitura): operazione mediante la quale da un

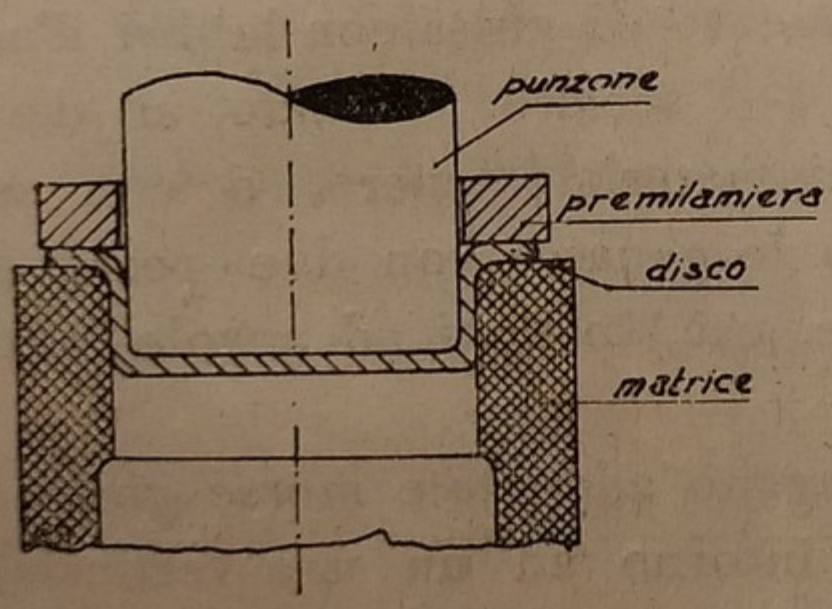


Fig. 75.

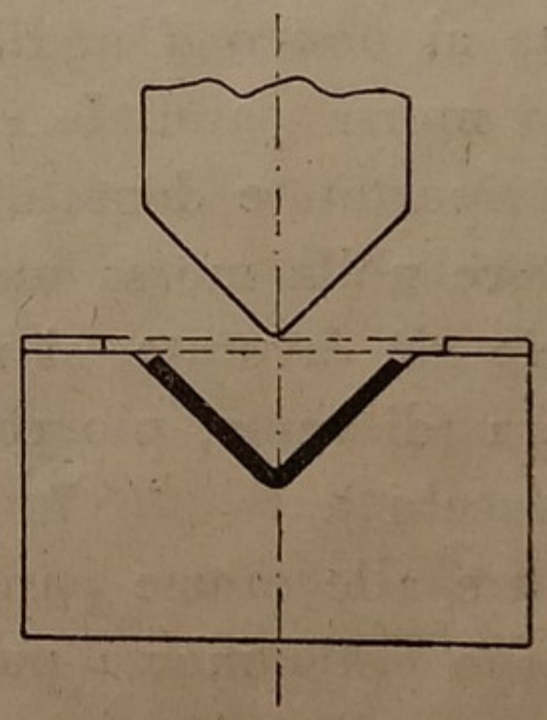


Fig. 76.

disco o foglio di lamiera (fig. 75) si ricava un corpo cilindrico o sagomato. L'imbutitura si effettua generalmente a freddo.

3. *piegatura* (fig. 76) per dare alla lamiera la forma voluta.

4. *foratura* (o punzonatura): perforazione della lamiera secondo una data sagoma (vedi n. 43).

---

[1]) Dalle lamiere possono ricavarsi parti di carozzeria, sportelli, casseruole, minuterie metalliche ecc.

§ 37. - Aggiustaggio.

L'aggiustaggio è la lavorazione di un pezzo di metallo a freddo a mano, mediante utensili da aggiustatore. Il pezzo viene

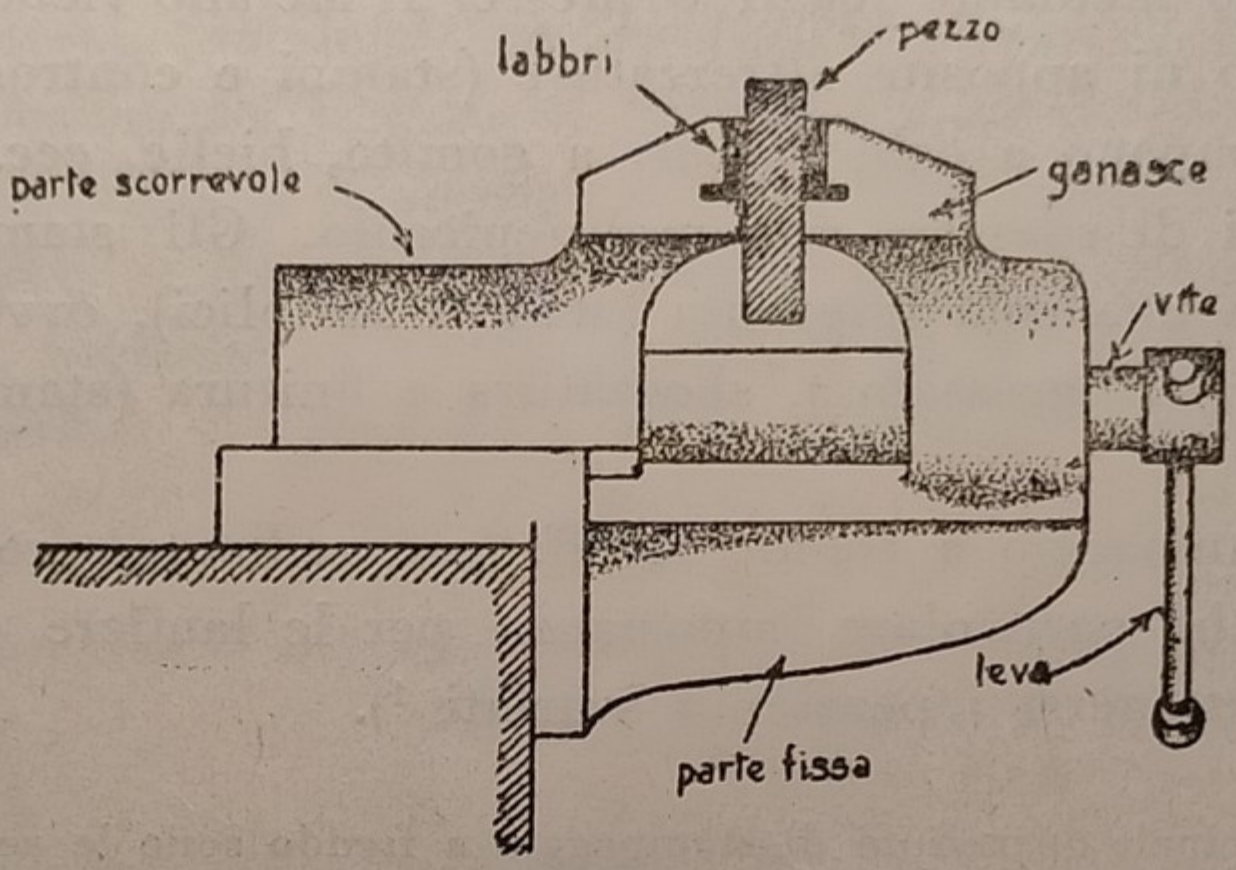


Fig. 77.

fissato ad una *morsa parallela* (fig. 77) che è saldamente applicata al *banco d'aggiustaggio*.

La morsa parallela è generalmente di ghisa con labbri d'acciaio riportati e dentati, oppure è d'acciaio. Quando si deve stringere nella morsa un pezzo di materiale tenero, o con superficie già lavorata, si ricoprono le ganasce con due pezzi di lamiera (di rame, piombo, ottone, ecc.) piegati ad angolo retto (mordacchie).

Oltre alle morse parallele vengono adoperate *morse girevoli* (il corpo della morsa può girare intorno ad un asse verticale), *morse a collo d'oca* (possono stringere pezzi lunghi disposti verticalmente), *morse a chiusura celere*.

Per fissare i pezzi di piccole dimensioni si usano: il *morsetto a mano* (fig. 78), *il morsetto da morsa* a ganasce oblique (fig. 79 - viene stretto tra le ganasce della morsa), *il morsetto a coda*, ecc.

Altri attrezzi che vengono comunemente usati in officina, per montare e smontare i pezzi, sono:

Chiavi fisse (fig. 80) e registrabili (fig. 81);

Pinze a punte piatte (fig. 82) e a punte coniche;

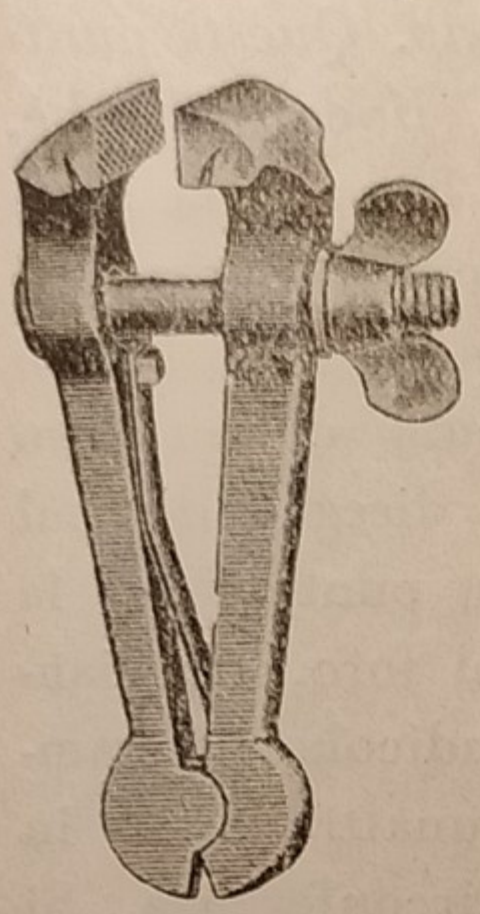


Fig. 78.

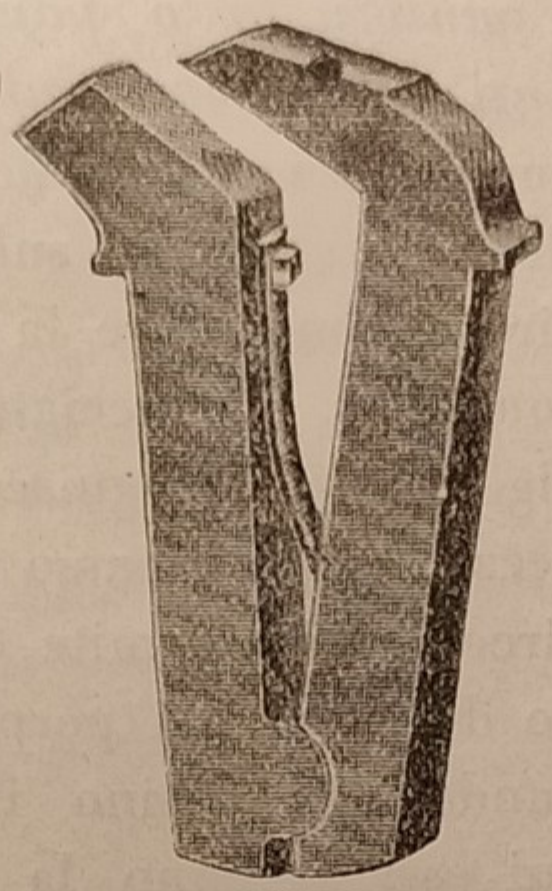


Fig. 79.

Fig. 80.

Fig. 81.

Tenaglie;

Cacciaviti.

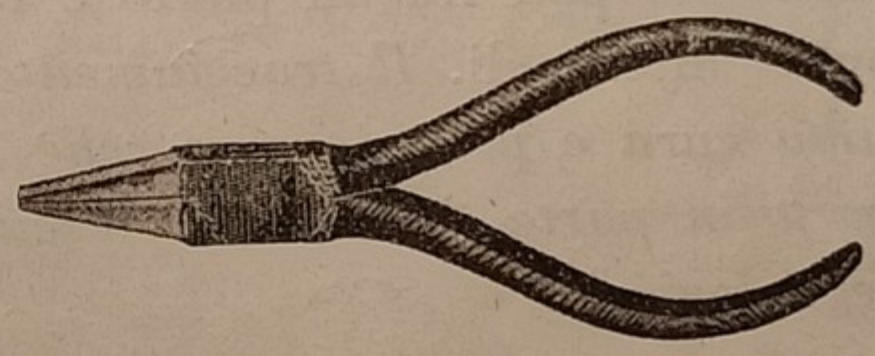


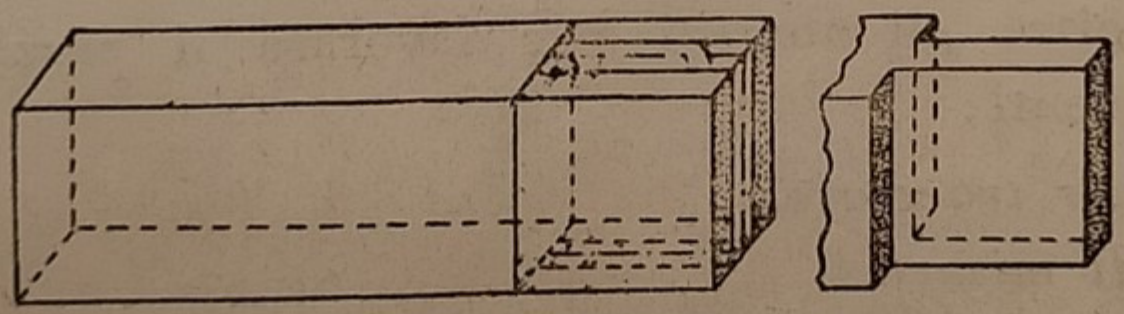
Fig. 82.

Prima di eseguire il lavoro bisogna fare due operazioni:

1° - *lo schizzo quotato del pezzo*;

2° - *il tracciamento del pezzo finito sul pezzo greggio.*

Sullo schizzo debbono essere chiaramente indicati le misure di lunghezza, gli angoli ed i raggi di curvatura. *Il tracciamento* (di cui un esempio è dato dalla fig. 83) *consiste nel trasportare tutte le misure dallo schizzo al pezzo, segnando su questo prima gli assi di simmetria, poi le linee rette e curve che debbono limitare la lavorazione del pezzo in tutti i sensi.* Tracciate le



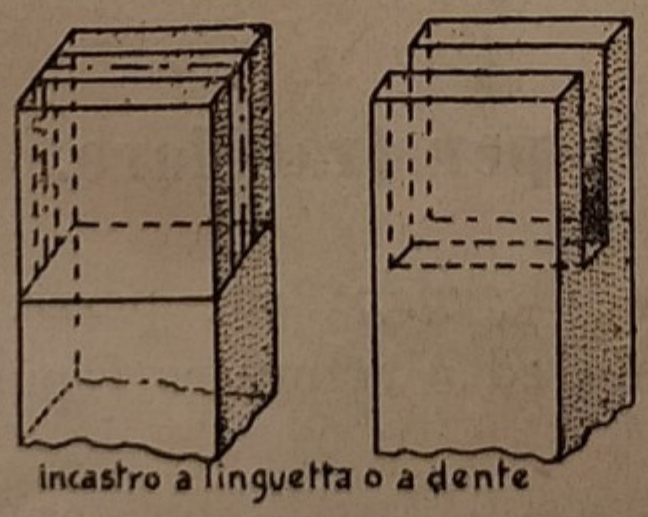


Fig. 83.

linee limiti, per renderle più visibili, si ripassano (stampandovi sopra dei punti) col *punteruolo o puntino. Questi punti debbono essere equidistanti e centrati sulle linee*, affinchè, dopo l' esecuzione del lavoro, la metà dei punti rimasti sul pezzo possa servire a controllare la bontà del lavoro compiuto. Il tracciamento di un foro (fig. 84) si eseguisce disegnando sul pezzo, col compasso a punte fisse, la circonferenza limite del foro, tracciando due diametri perpendicolari, e stampando col puntino i quattro punti in cui essi tagliano la circonferenza. Si stampano poi, fra un punto e l' altro della circonferenza, altri punti intermedi. *Il tracciamento deve essere fatto con la massima cura e precisione, perchè dalla sua esecuzione dipende in gran parte la buona riuscita del pezzo* (vedi laboratorio tecnologico).

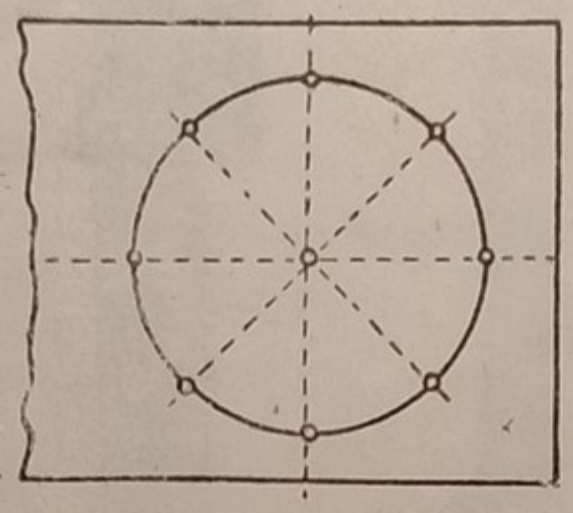


Fig. 84.

§ 38. - Attrezzatura dell' aggiustatore.

L' aggiustatore, per compiere il suo lavoro, deve avere a propria disposizione, oltre gli utensili per lavorare il pezzo, diverse specie di strumenti:

1° - *Strumenti per tracciare.*
2° - *Strumenti di misura.*
3° - *Strumenti di rilievo e controllo.*

§ 39. - Strumenti per tracciare.

Sono quelli che servono a disegnare sul pezzo le linee rette o curve, gli archi di circolo ed a stampare i punti. Sono i seguenti:

1° - Il *segnatoio* o *punta per tracciare* (fig. 85). E' un' asta d' acciaio appuntita e temperata che serve a tracciare rette e curve.

2° - Il *puntino* (fig. 86). Pezzo cilindrico d'acciaio terminante in punta conica usato per stampare i punti sulle linee.

3° - L'*altimetro* (fig. 87). Regolo verticale graduato munito di sostegno. Serve a regolare l'altezza della punta per tracciare del truschino.

4° - Il *truschino* o *graffietto*, *semplice* od *universale*. Il truschino semplice (fig. 88) è formato di una base rotonda in ghisa, sulla quale è fissato un supporto verticale *(guida)*. Lungo la guida può scorrere,

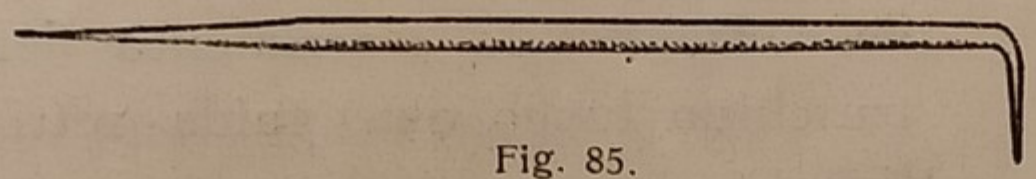


Fig. 85.

Fig. 86.

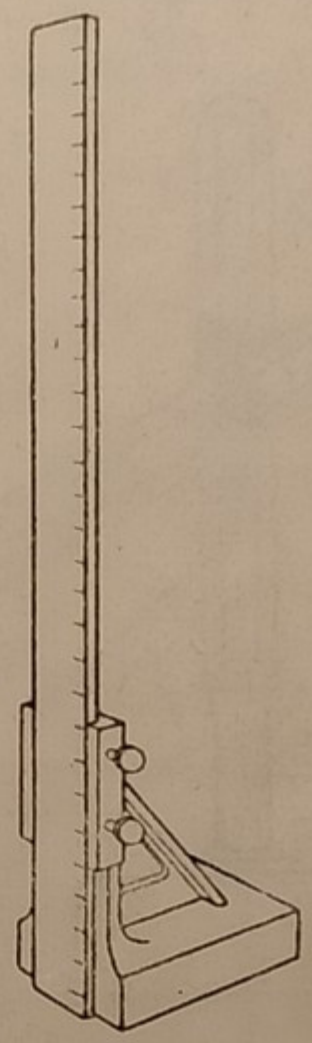


Fig. 87.

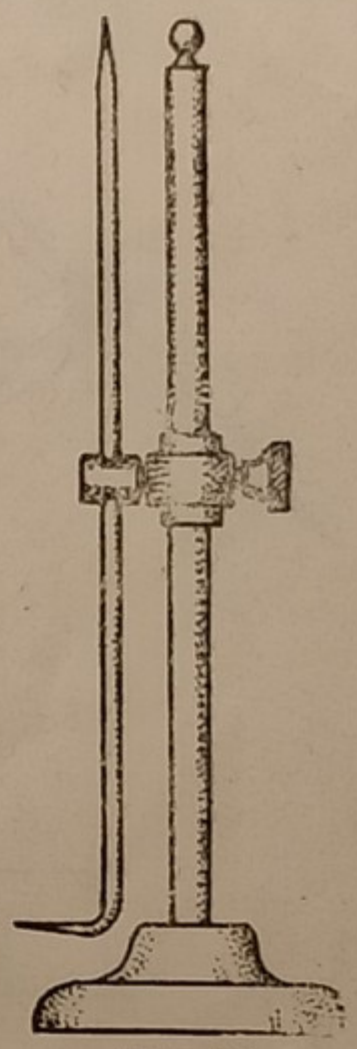


Fig. 88.

ed essere fermato a qualunque altezza, un corsoio ad anello al quale è assicurato il segnatoio. Una vite permette di fermare

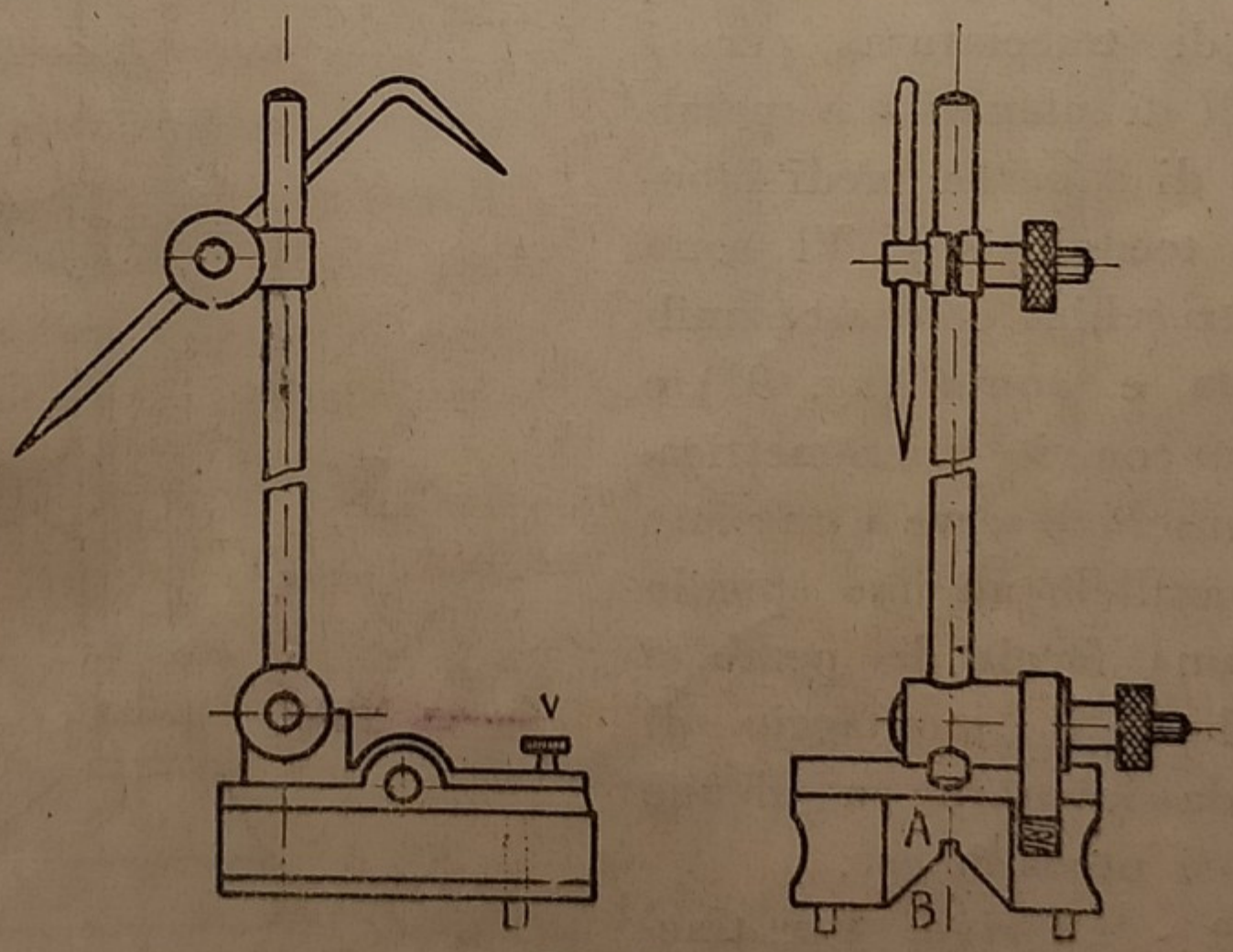


Fig. 89.

il segnatoio nell'anello e l'anello sulla guida. Il truschino

universale (fig. 89) differisce da quello semplice, perchè ha la guida, anzichè fissa, inclinabile.

Infatti la guida può ruotare intorno ad un perno e, mediante la vite micrometrica, *V* si possono effettuare piccoli spostamenti della piastrina a cui è fissato il perno. Il basamento del truschino è munito di una scanalatura verticale *A* e di una scanalatura orizzontale *B* che permettono di far scorrere lo strumento sui pezzi cilindrici. Nel basamento alloggiano inoltre due perni scorrevoli che si possono abbassare e far sporgere in modo da consentire lo scorrimento del truschino lungo una guida rettilinea.

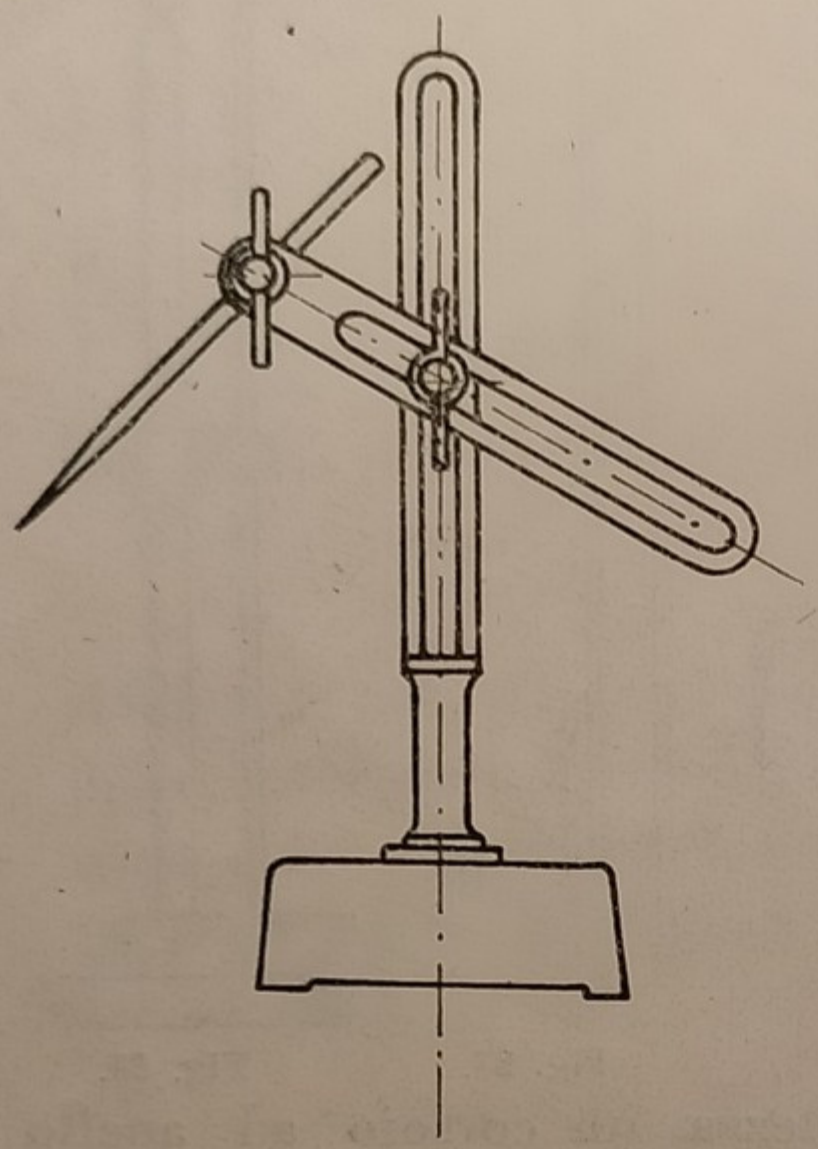


Fig. 90.

La fig. 90 rappresenta un truschino a telaio particolarmente adatto, oltre che per i normali lavori di tracciatura, per i controlli di planarità e parallelismo di superfici (vedi laboratorio tecnologico). Vi sono anche truschini con asta millimetrata e nonio (fig. 91) e truschini con vite micrometrica.

Il truschino serve a tracciare rette parallele ad uno spigolo o ad una faccia del pezzo, a controllare il montaggio di pezzi da lavorare su alcune macchine utensili, ecc.

5° - *La riga.* Per tracciare rette.

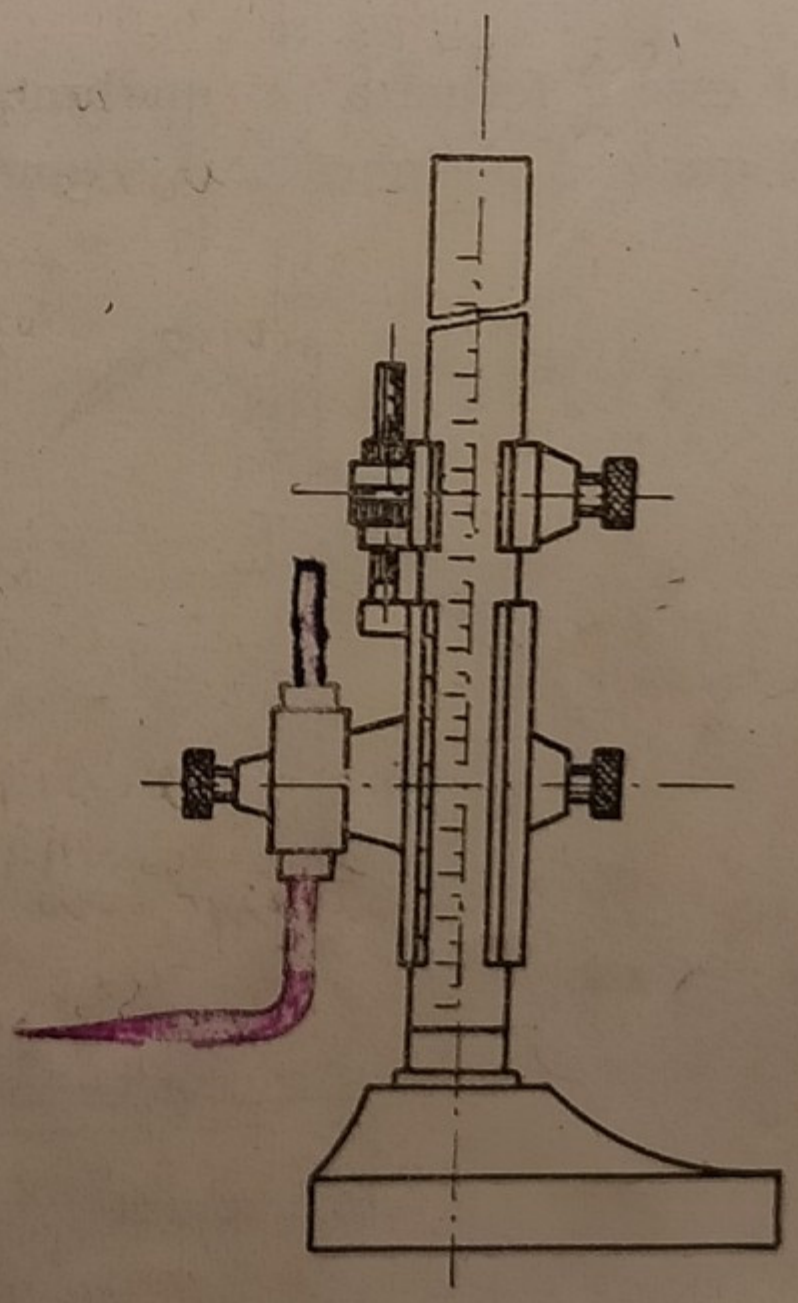


Fig. 91.

6° - *Le squadre ad apertura fissa e ad apertura variabile* (squadre false fig. 92). Le squadre fisse più usate per il tracciamento sono le squadrette rette (90°), le esagonali (120°) e quelle a 45° (Vedi fig. 93).

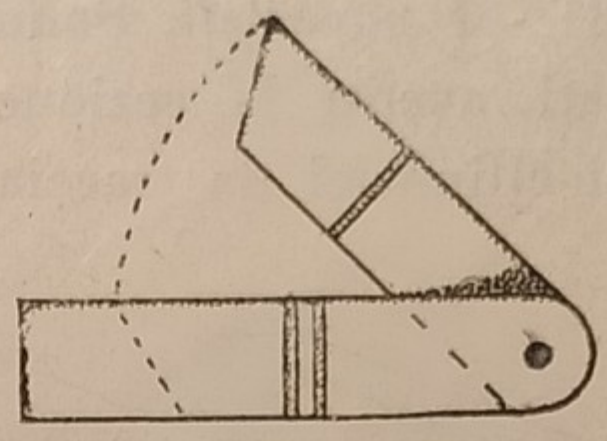


Fig. 92.

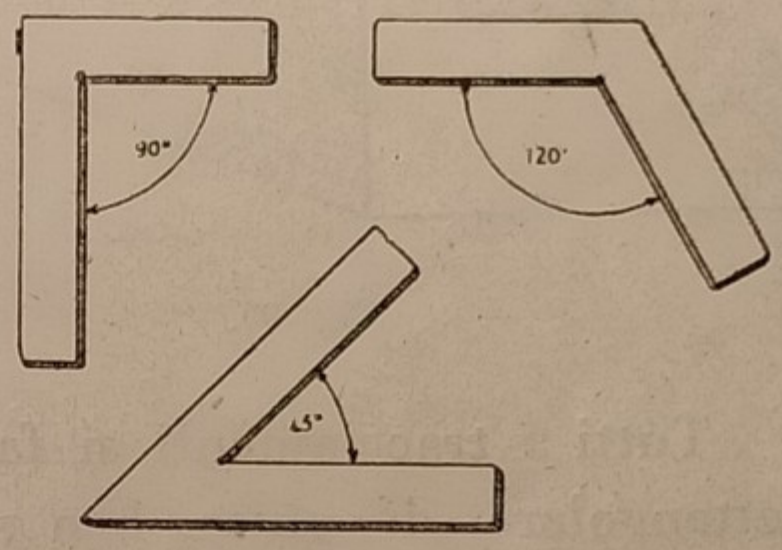


Fig. 93.

6° - *I compassi a punte fisse e quelli a verga* che servono rispettivamente a tracciare circonferenze e archi di piccolo e di grande raggio. Il compasso a punte può essere semplice (fig. 94) ed a molla (fig. 94ª). I compassi a molla hanno la vite micrometrica fornita di svincolo per il movimento rapido.

Fig. 94.

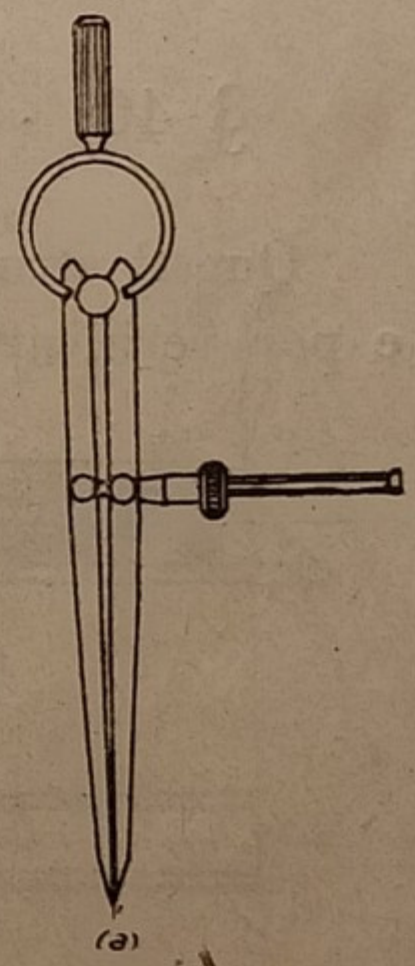


Fig. 94ª.

7° - *Le squadre per centrare* (fig. 95) che si usano per trovare il centro di una circonferenza qualunque.

Sono di due tipi: il primo tipo formato di una squadra retta avente un braccio a 45° e l'altro tipo portante due piuoli P e Q. Il segmento PQ è diviso per metà dal punto M, per il quale passa il bordo CM, perpendicolare a PQ.

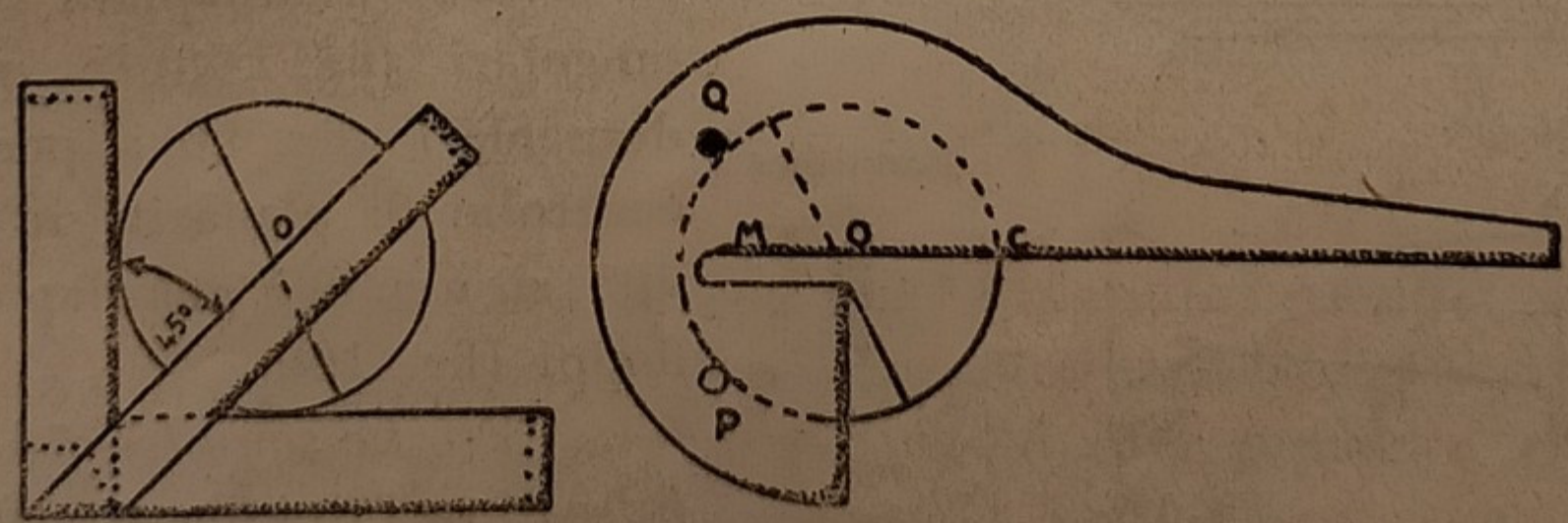


Fig. 95.

8° - *I paralleli.* Sono prismi d'acciaio (fig. 96 e fig. 97) rettificati, aventi la sezione a *V* o a *X*, e servono d'appoggio a pezzi cilindrici da tracciare.

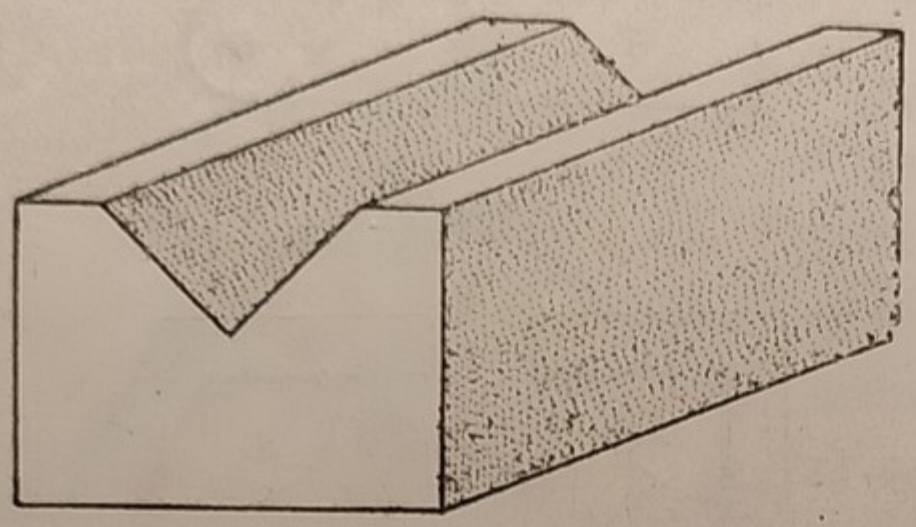


Fig. 96.

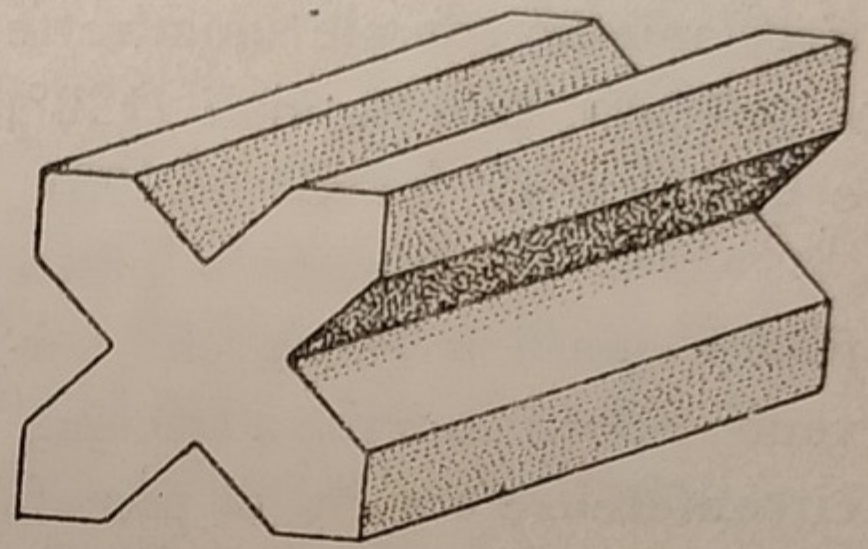


Fig. 97.

Tutti i tracciamenti si fanno sul *piano da tracciare* (lastra rettangolare di ghisa, ben spianata, disposta orizzontalmente).

§ 40. - Strumenti di rilievo e controllo.

Questi strumenti servono per prendere e trasportare misure e per verificare il lavoro fatto. Essi sono:

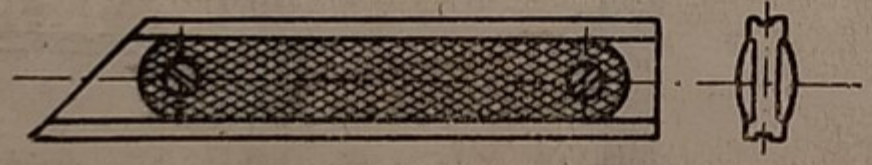


Fig. 98.

1° - *La riga di controllo di acciaio*, per controllare superfici piane.

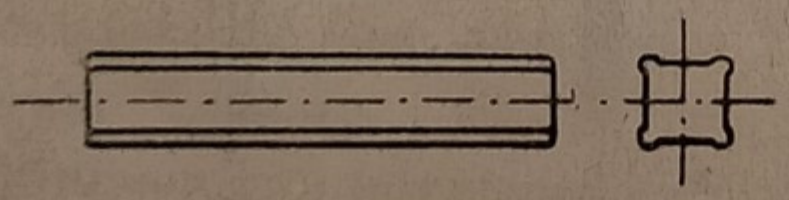


Fig. 99.

2° - *I guardapiani*, per controllare superfici piane. Per il controllo di planarità (v. laboratorio tecnologico) di superfici esterne si usano guardapiani rettangolari (fig. 98) e quadrangolari (fig. 99); per il controllo di planarità in cavità si usano i guardapiani doppi (fig. 100).

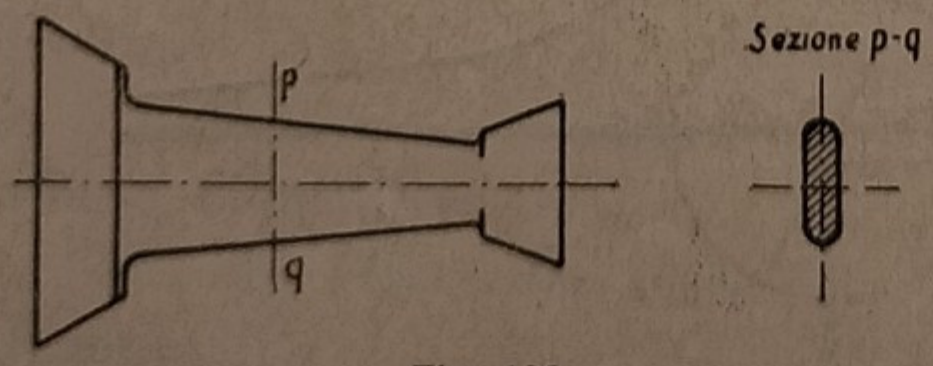


Fig. 100.

3° - *Le squadre fisse e false* di vari tipi (fig. 92 e 93).

4° - *Le squadre di riferimento e di guida*, usate le prime

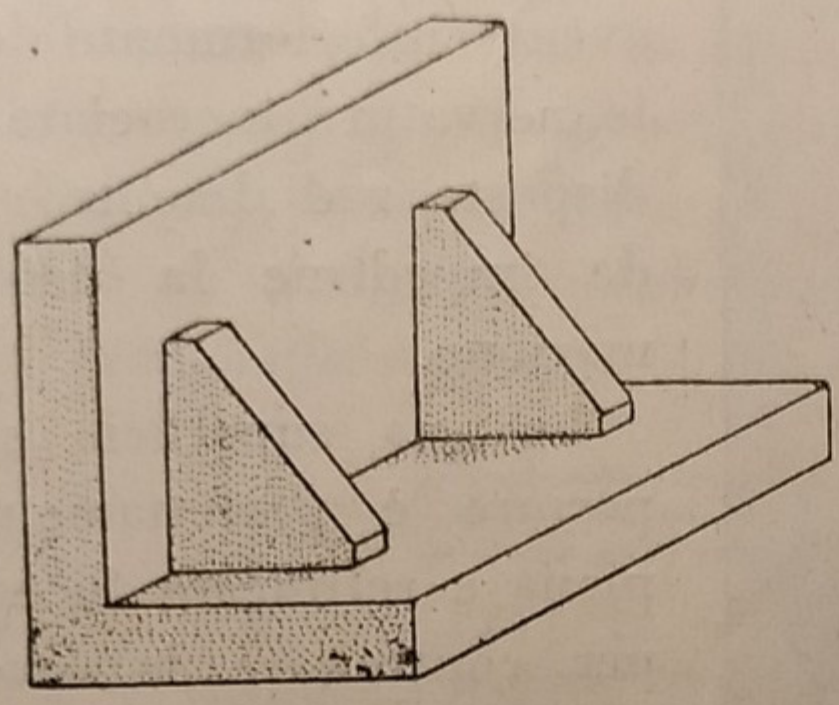


Fig. 101.

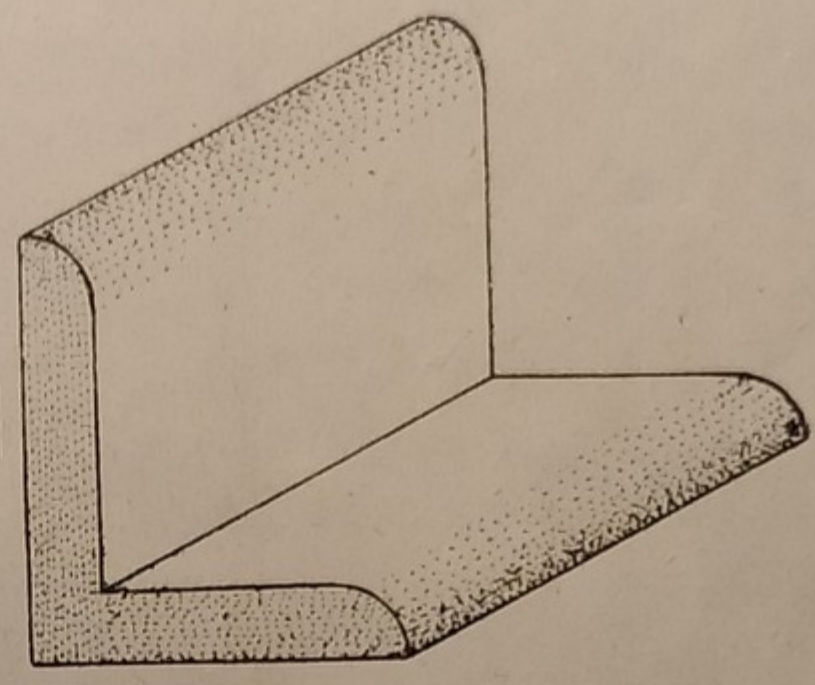


Fig. 102.

(fig. 101) per verificare angoli diedri concavi, le seconde (fig. 102) angoli diedri convessi e concavi.

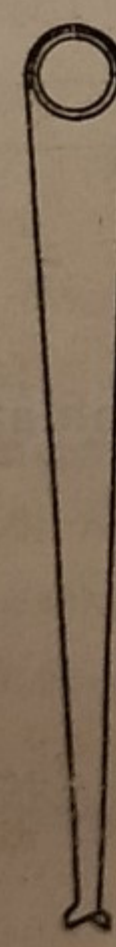


Fig. 103.

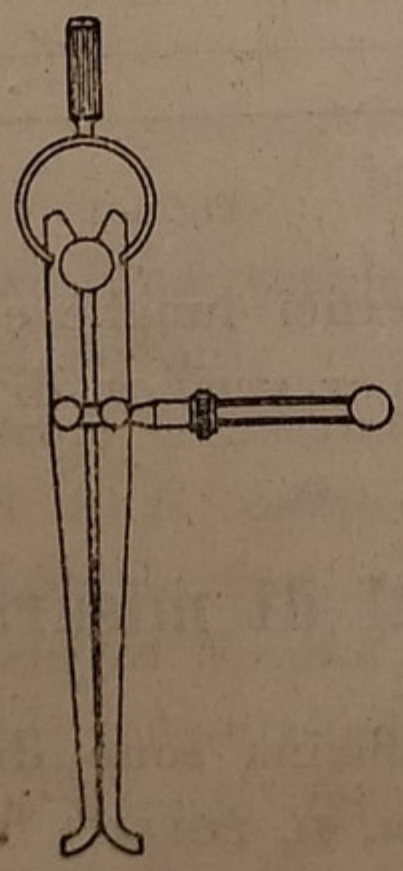


Fig. 104.

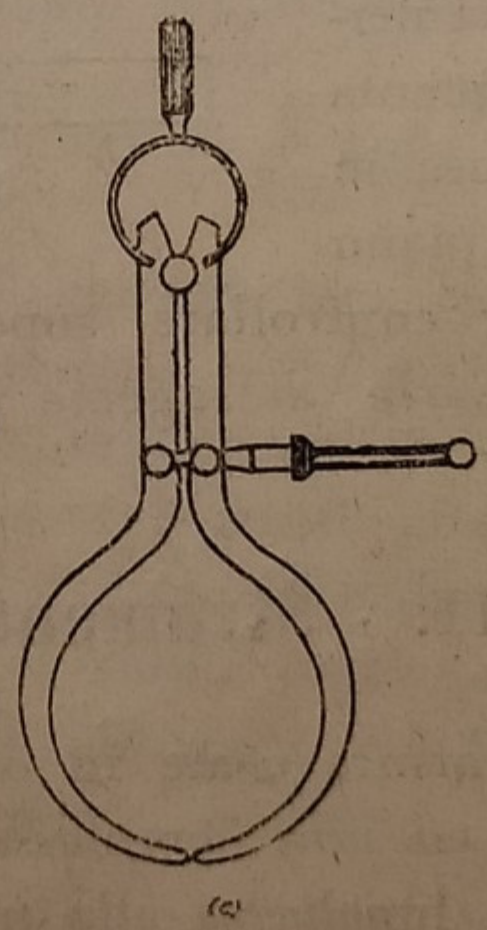


Fig. 105.

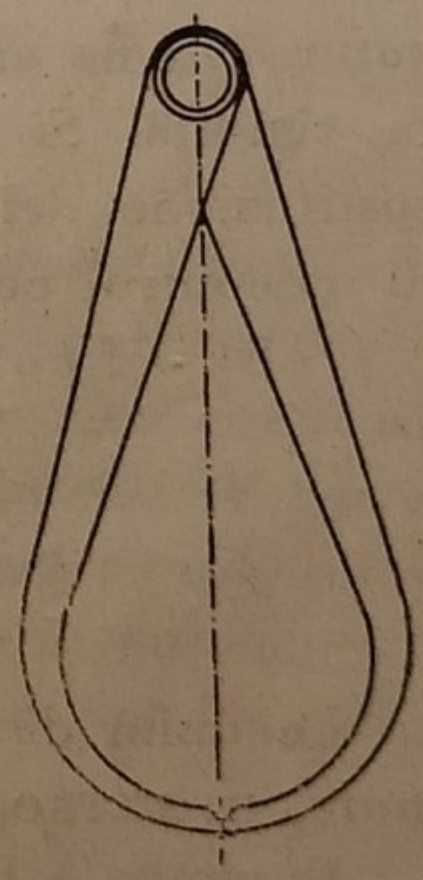


Fig. 106.

5° - *I compassi per esterni (a spessore) semplici* (fig. 106) *ed a molla* (fig. 105) *e quelli per interni (a ballerino) semplici* (fig. 103) *ed a molla* (fig. 104) usati per prendere rispettiva mente misure esterne ed interne.

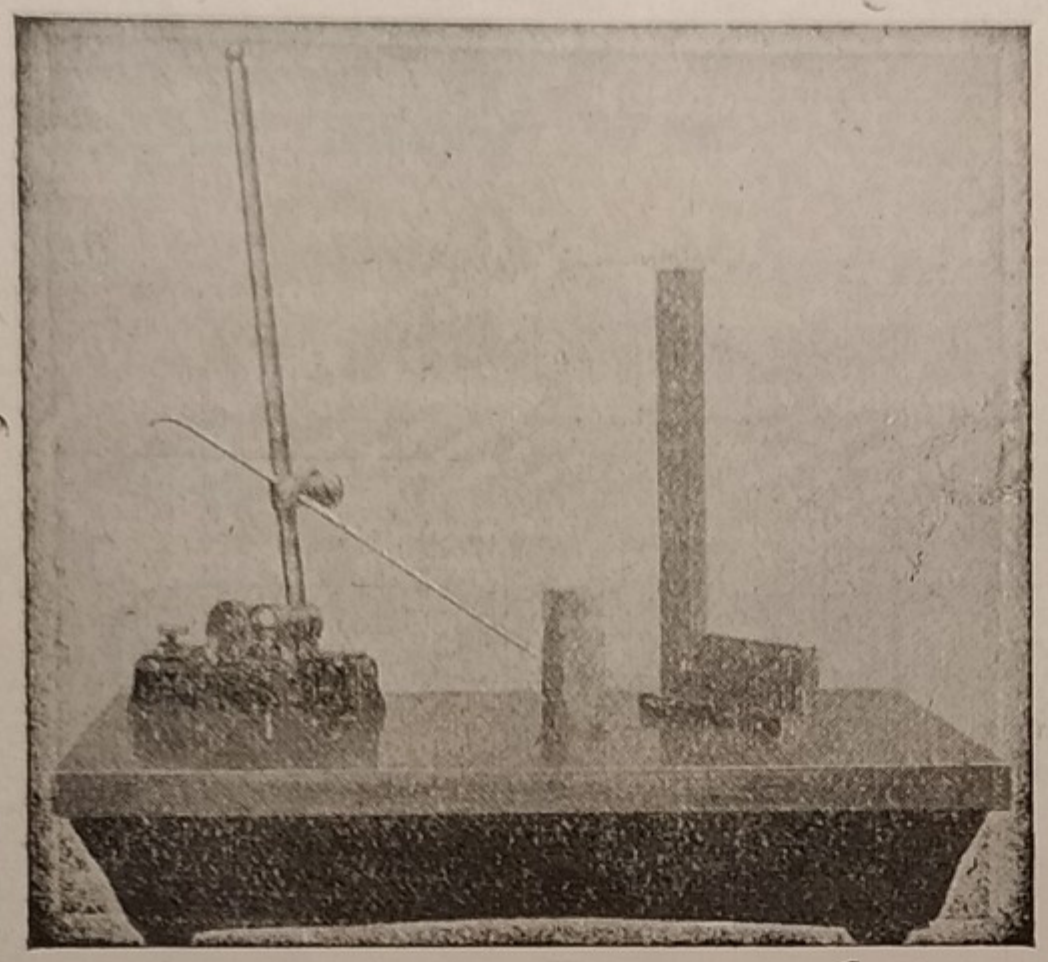


Fig. 107.

6° - *Il piano di riscontro* (fig. 107). È una lastra quadrata di ghisa, avente inferiormente delle nervature incrociate o disposte radialmente onde impedirne la deformazione.

La sua superficie superiore è perfettamente piana e rettificata. Si usa per controllare la lavorazione di superfici piane e per verificare squadre.

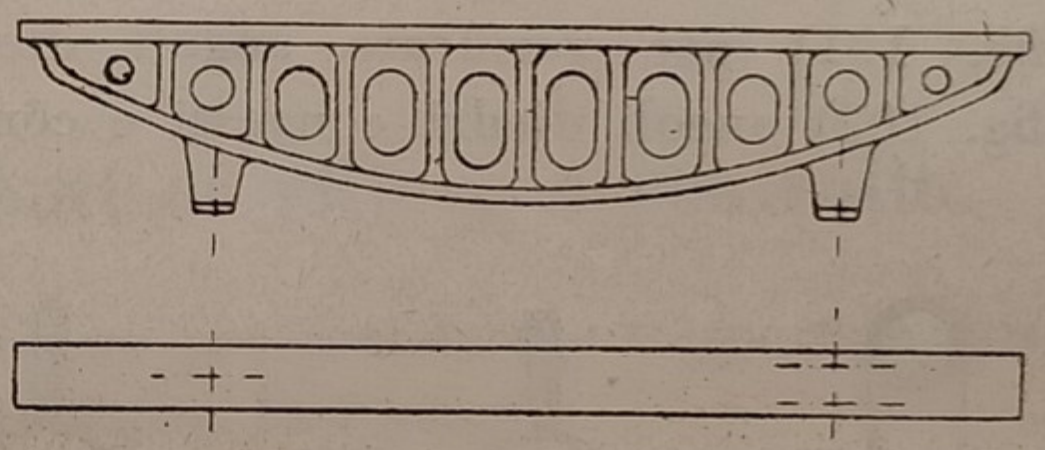


Fig. 108.

7° - *La riga di riscontro* (fig. 108). È un riga di ghisa avente inferiormente una nervatura che ne aumenta la rigidità. Si usa in sostituzione del piano di riscontro per controllare superfici lunghe e trette.

8° - *Una serie di sagome* per verifica di pezzi profilati.

§ 41. - Strumenti di misura.

Le unità di misura usate in officina sono due: *una decimale*, IL METRO, *ed una complessa*, IL POLLICE INGLESE.

Il metro è la lunghezza alla temperatura di $O°\ C$ del noto regolo di platino-iridio dell' Ufficio Internazionale di Pesi e Misure di Parigi (METRO CAMPIONE INTERNAZIONALE) di cui due copie sono in possesso del Laboratorio Metrico Centrale di Roma (METRI CAMPIONI NAZIONALI). Oltre il metro si usano i suoi sottomultipli: decimetro, centimetro e millimetro ed anche, per misure di precisione, il decimo, il ventesimo, il cinquan-

tesimo, il millesimo di mm. (*micron*). Le frazioni di mm. si adoperano in alcuni strumenti che diconsi *calibri* o *micrometri*, secondo che hanno per base costruttiva il *nonio* o la *vite micrometrica*.

Il *nonio* non è che la parte graduata di un regolo scorrevole (*corsoio*) applicato ad un regolo fisso graduato (*fisso*) e deve il suo nome al fatto che, nei noni più semplici, quelli a decimi di mm., *la lunghezza della sua scala* (Vedi fig. 109) *è 9 mm. Tale segmento è diviso in 10 parti uguali, cosicchè*

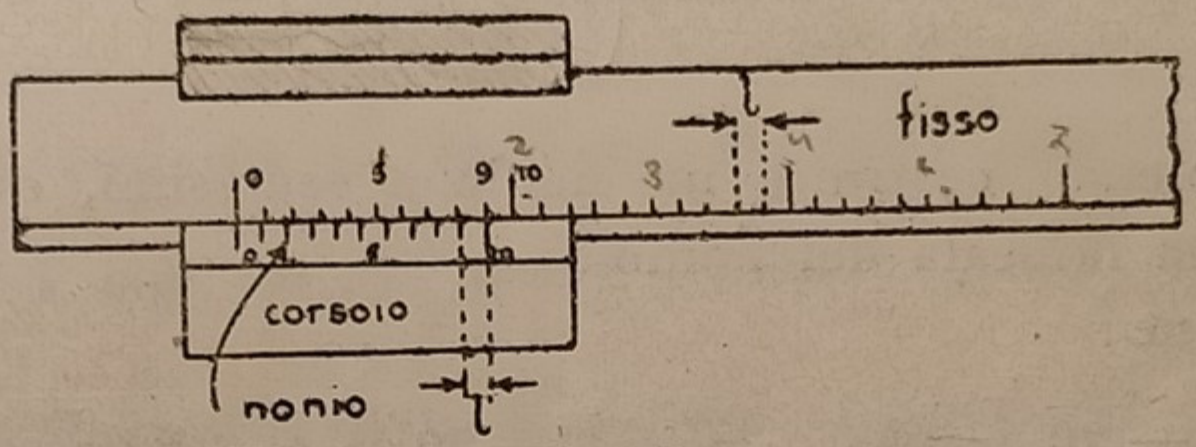


Fig. 109.

ciascun tratto divisorio vale $\frac{9}{10}$ *di mm.* e la differenza tra un tratto del fisso e quello del nonio (approssimazione) risulta:

$$1 \text{ mm.} - \frac{9}{10} \text{ mm.} = \frac{1}{10} \text{ mm.}$$

Volendo dare una regola generale per la graduazione di tutti i noni (a decimi, ventesimi e cinquantesimi — per i centesimi si usano generalmente le viti micrometriche), *se indichiamo con* n *il numero dei tratti costituenti la parte prescelta del fisso, sarà* $n - 1$ *il numero di tali tratti occorrente per ottenere la lunghezza totale della scala del nonio.*

Se poi l è la lunghezza di un tratto del fisso ed l' quella del corrispondente tratto del nonio, avremo:

$$n \text{ tratti del nonio} = (n - 1) \text{ tratti del fisso}$$

ossia:

$$n \cdot l' = (n - 1) \cdot l$$

da cui si ottiene:

$$l' = \frac{(n - 1)}{n} \cdot l.$$

Questa uguaglianza ci dice che *il valore di un tratto del nonio è dato da quello del corrispondente tratto del fisso moltiplicato per una frazione che ha per denominatore il numero dei tratti del nonio e per numeratore lo stesso numero diminuito di* 1.

La differenza $a = l - l'$ fra la lunghezza di un tratto del fisso e la lunghezza di un tratto del nonio si chiama approssimazione del nonio. Si ha:

$$a = l - l' = l - \frac{(n-1)}{n} \cdot l = l\left(1 - \frac{n-1}{n}\right) = l \cdot \frac{n - n + 1}{n} = \frac{l}{n}$$

Es: volendo costruire un nonio a ventesimi, quanto deve essere lunga la scala del nonio?

Soluzione:

$$n = 20 \text{ tratti} \qquad n - 1 = 20 - 1 = 19 \text{ tratti}$$

$$l = 1 \text{ mm.} \qquad (n-1) \cdot l = 19 \text{ mm.}$$

$$l' = \frac{n-1}{n} \cdot l = \frac{19}{20} \text{ mm.}$$

Risposta: La scala del nonio a ventesimi deve esser lunga 19 mm. Il valore del tratto del nonio è $\frac{19}{20}$ mm.

Ci resta da dare la regola per la lettura del nonio. Essa è la seguente. *Si interpone l'oggetto da misurare* (fig. 110) *tra lo zero del fisso e quello del nonio. Il numero dei mm. che misura la grandezza* (lunghezza, larghezza o spessore) *dell'oggetto è quello corrispondente alla tacca del fisso che precede immediatamente lo*

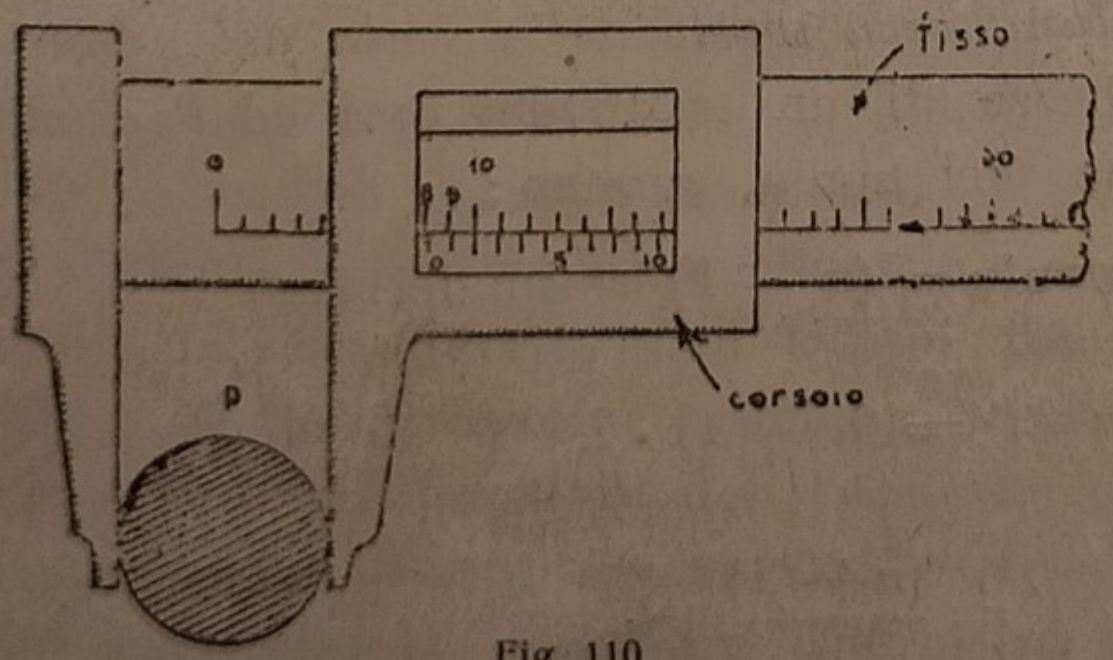


Fig. 110

zero del nonio; la frazione di mm. che avanza si legge nella tacca del nonio che coincide esattamente con una tacca del fisso.

Nel caso illustrato dalla figura la tacca del fisso che precede lo zero del nonio è 8 e quella del nonio coincidente con una tacca del fisso (10) è 2. Il diametro del tondino P è dunque mm. 8,2.

Nei *micrometri* il nonio è sostituito da una vite di precisione (*vite micrometrica*) avente il passo di 1 mm. (o di $\frac{1}{2}$ mm.) e la testa (tronco-conica) col bordo diviso in 100 (od in 50) parti uguali, cosicchè ad un giro completo della testa la vite si sposta di 1 mm. (o di $\frac{1}{2}$ mm.). Facendo quindi ruotare la testa di un solo tratto divisorio la vite si sposta di $\frac{1}{100}$ di mm. $\left(\text{anche se il passo è di } \frac{1}{2}\text{mm.} - \text{perchè } \frac{1}{50} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{100}\right)$ e facendola ruotare di n tratti si sposta di $\frac{n}{100}$ di mm. *In questi strumenti il numero dei mm. si legge sul fisso* (fusto cilindrico graduato), *nella tacca che precede il lembo della testa, e quello dei centesimi sulla testa, nella tacca che coincide colla linea di fede del fisso* (generatrice graduata del fusto).

Il *pollice inglese* che corrisponde a mm. 25,4 è la lunghezza della 12ª parte di un *piede campione* di bronzo speciale conservato a Londra e si usa tuttora per esprimere misure di viti e di utensili di tipo inglese. Si divide in mezzi, quarti, ottavi, sedicesimi, trentaduesimi e sessantaquattresimi.

Gli strumenti di misura dell' aggiustatore sono:

1° - *Il metro*, regolo d'acciaio graduato in dm. cm. mm.

2° *Il decimetro* o *il doppio decimetro*, anch' esso d' acciaio, fornito d' una graduazione in cm. e mm. e di un' altra in pollici e frazioni relative.

3° - *Il calibro a corsoio* (fig. 111) è costituito da un regolo fisso a doppia graduazione (una graduazione in mm. e

l' altra in sedicesimi di pollice) e da un corsoio munito di due noni.

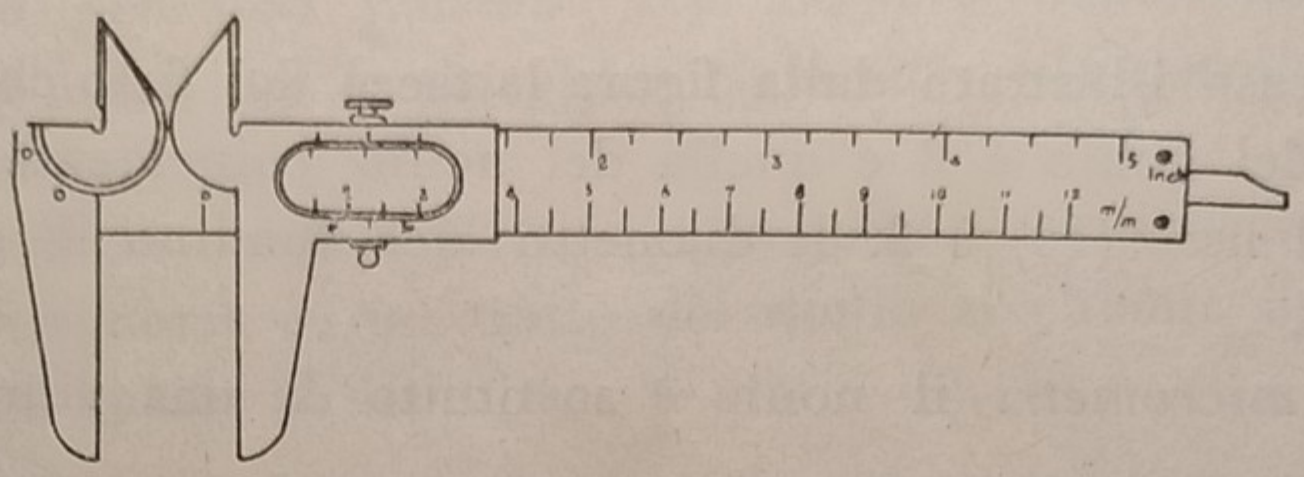


Fig. 111.

Il calibro porta generalmente due punte (o beccucci) per le misure esterne, due punte per le misure interne e una linguetta per le misure di profondità.

Il nonio del calibro a corsoio può avere l' approssimazione di $^1/_{10}$, $^1/_{20}$, $^1/_{50}$ di mm. e di $^1/_{64}$, $^1/_{128}$ di pollice.

Il calibro con approssimazione di $^1/_{50}$ ha due corsoi collegati tra loro da una vite micrometrica (calibro di precisione: fig. 112). La vite micrometrica serve ad effettuare piccoli spostamenti del corsoio (per effettuare grandi spostamenti si allentano le viti di arresto V_1 e V_2 e si muovono insieme i due

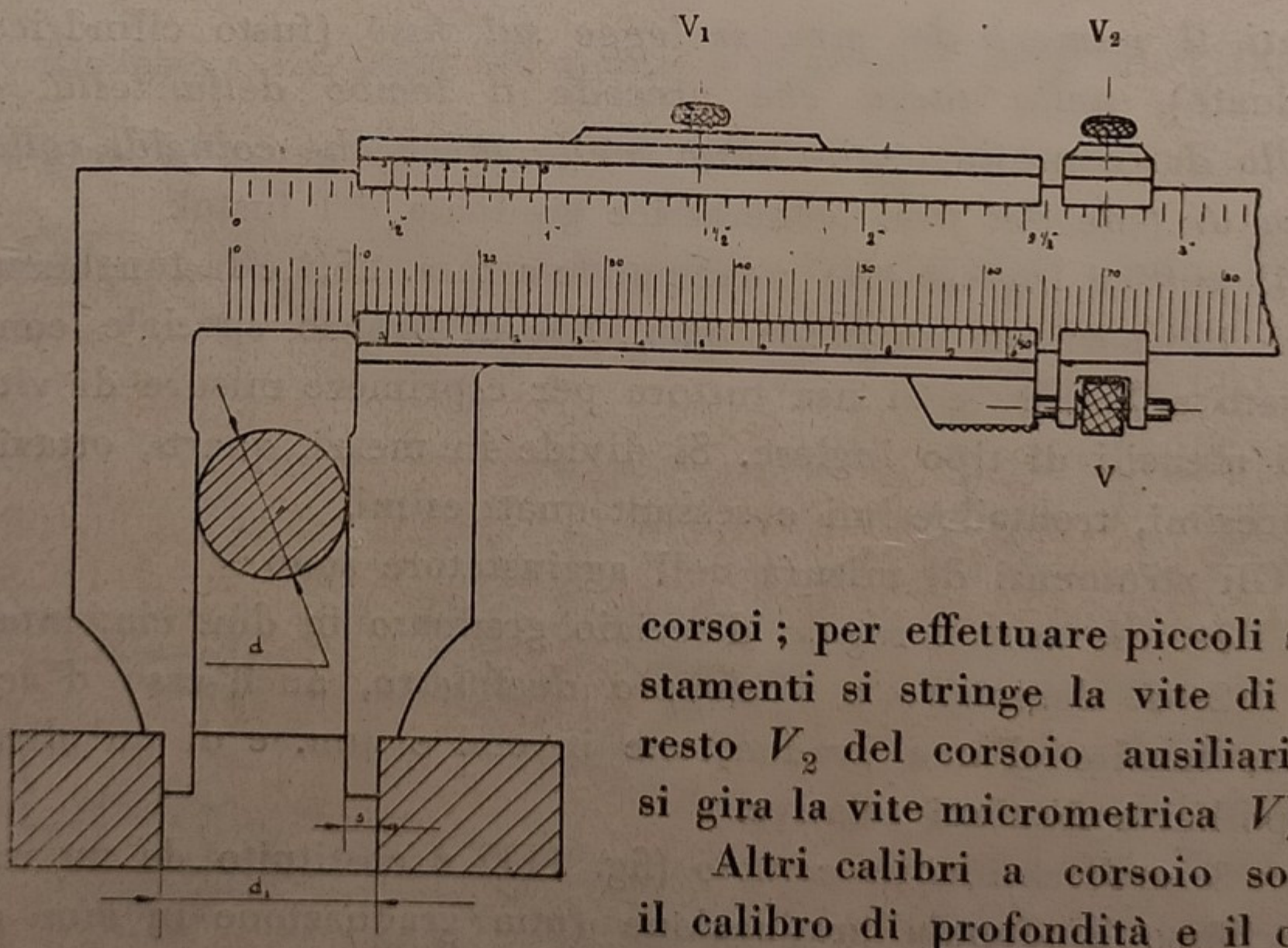


Fig. 112.

corsoi; per effettuare piccoli spostamenti si stringe la vite di arresto V_2 del corsoio ausiliario e si gira la vite micrometrica V).

Altri calibri a corsoio sono: il calibro di profondità e il calibro per ruote dentate.

4° - *Il calibro di profondità.* Serve per le misure di profondità. Il corsoio è fissato ad un piede a base piana ed il regolo a doppia graduazione scorre dentro il corsoio. Vi sono anche calibri di profondità con vite micrometrica (fig. 113).

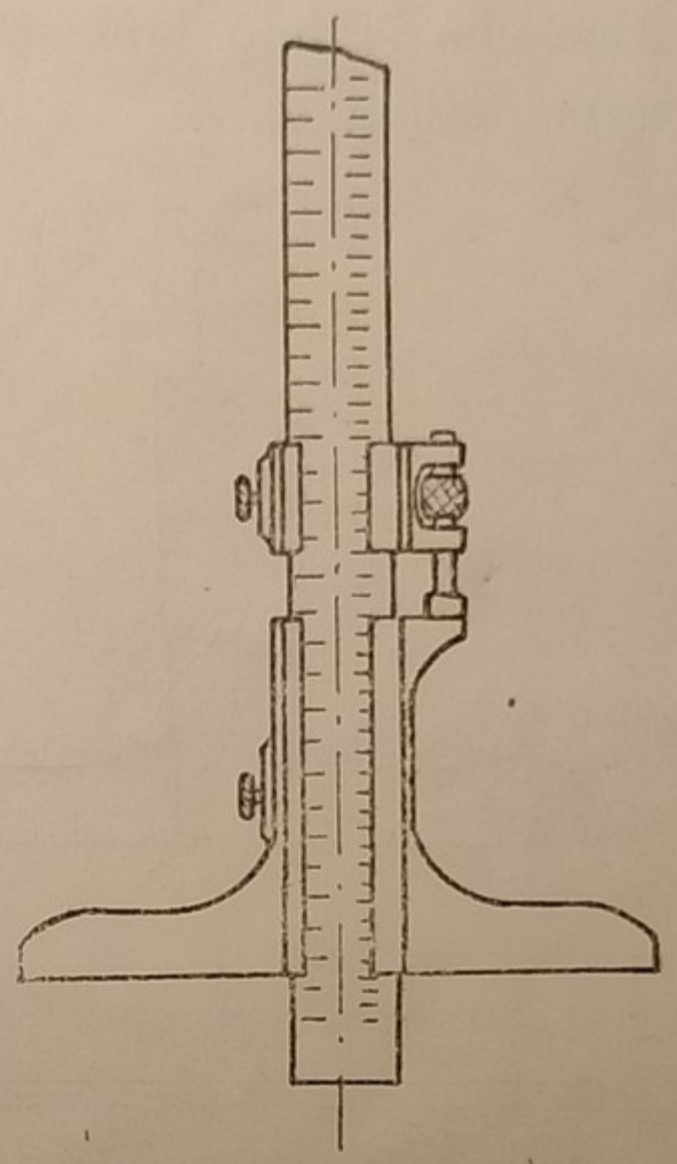


Fig. 113.

5° - *Il calibro per ruote dentate* (vedi laboratorio tecnologico).

6° - *Il micrometro* (fig. 114) formato della staffa *S*, del fusto graduato *G* incavato internamente a chiocciola e della vite micrometrica *V* di cui si vede solo la parte non filettata (quella filettata alloggia nella chiocciola). *T* è la testa della vite, godronata per girarla facilmente, ed *L* è il suo lembo graduato. L'oggetto *P* da misurare si stringe a moderata pressione tra il peduncolo *A* e la punta *B* della vite.

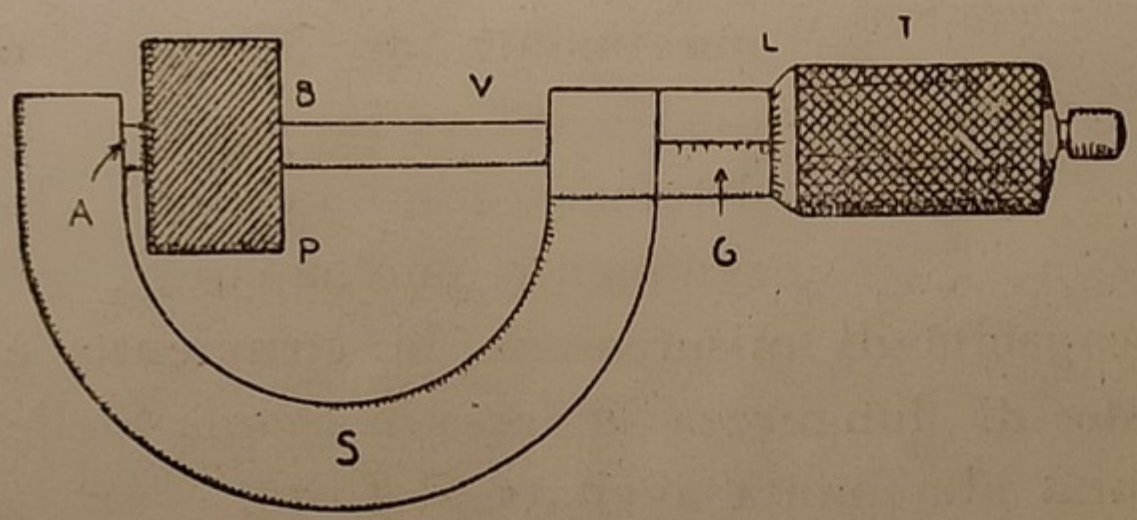


Fig. 114.

La pressione di misura viene mantenuta costante mediante un apposito dispositivo a scatto - situato sul prolungamento della vite godronata - che si manovra quando la punta della vite micrometrica è prossima a toccare il pezzo.

Il micrometro rappresentato nella fig. 114 serve per rilevare misure comprese tra 0 e 25 mm.; per misure maggiori occorre una serie di micrometri la cui capacità di misurazione cresce generalmente di 25 in 25 mm.

7° - *Il micrometro di profondità.* Il fusto cilindrico filettato internamente a chiocciola è solidale con un piede a base piana. La vite micrometrica è attraversata da un'asta misura-

trice che si può fare sporgere dalla base del piede girando la testa della vite.

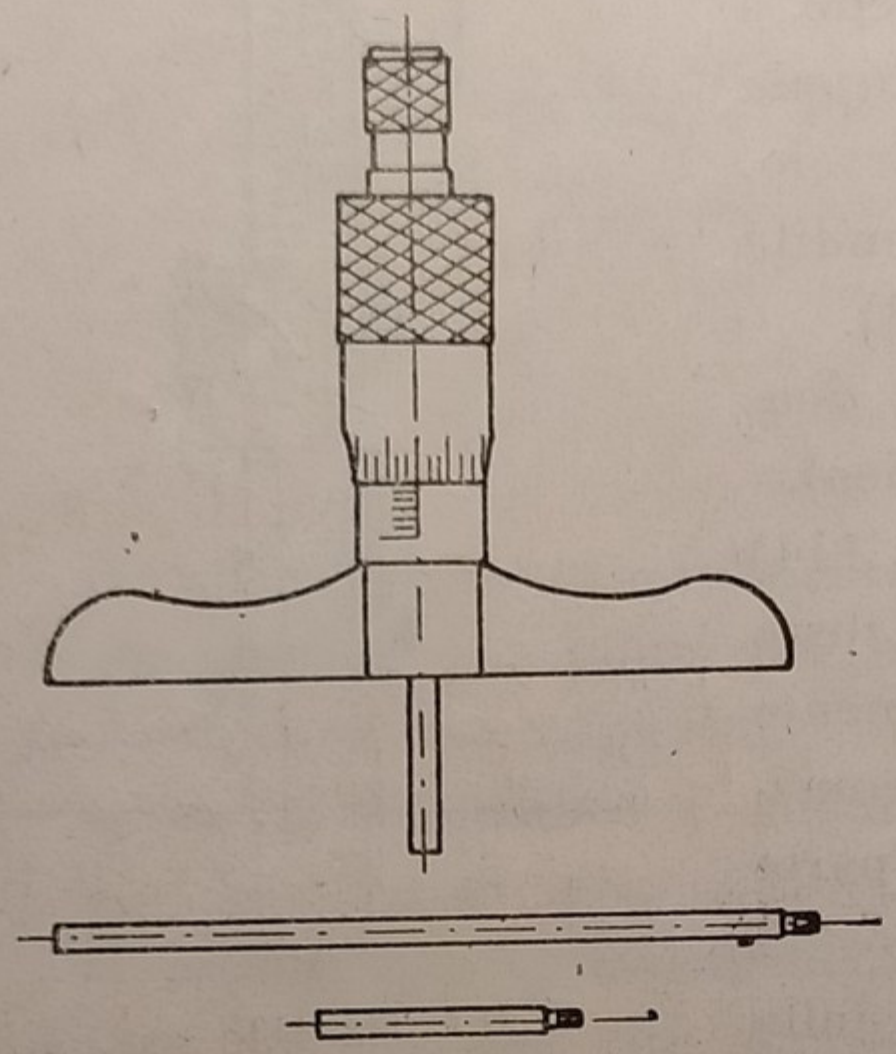


Fig. 115.

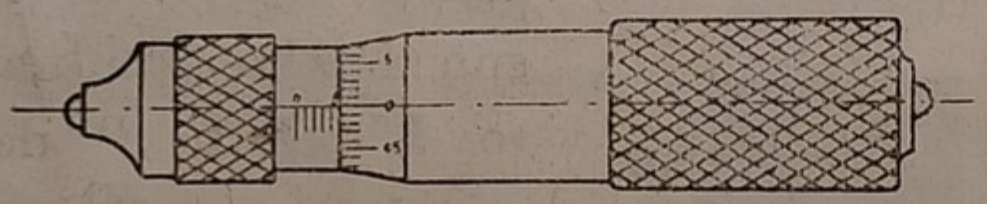


Fig. 116.

Lo strumento è corredato (fig. 115) da varie aste di lunghezza diversa che aumentano la capacità di misurazione.

8° - *Il micrometro per interni* (o micrometro ad asta).

Il fusto cilindrico e la testa della vite micrometrica hanno le estremità munite di due punte (fig. 116) che, all'atto della misura, si portano a contatto delle facce interne del pezzo. La distanza minima tra le punte è generalmente di 35 mm. e questo valore rappresenta la distanza minima che lo strumento può misurare.

Per aumentare la capacità di misurazione lo strumento è corredato da varie aste di lunghezza diversa ciascuna delle quali può essere sostituita alla punta avvitata al fusto.

9° - *Il micrometro per viti.* È un micrometro che serve per misurare il diametro medio (vedi filettatura) delle viti. Differisce dal micrometro ordinario perchè le punte di misura (fig. 117) hanno forma adatta al profilo della vite da misurare.

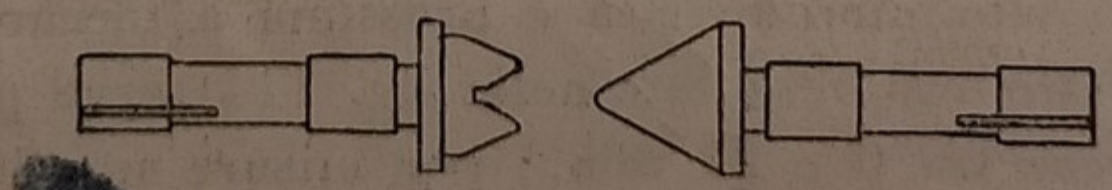


Fig. 117.

Una punta penetra nel solco elicoidale tra due filetti contigui, l' altra (capruggine) è incavata e poggia sui fianchi del filetto.

Per ogni sistema di filettatura si ha una serie di punte e contropunte adatte alle diverse dimensioni dei filetti.

10° - *Il micrometro millesimale.* (fig. 118) È un micrometro che consente la lettura del millesimo di mm. (micron) mediante un dispositivo a lancetta montato nel corpo del micrometro.

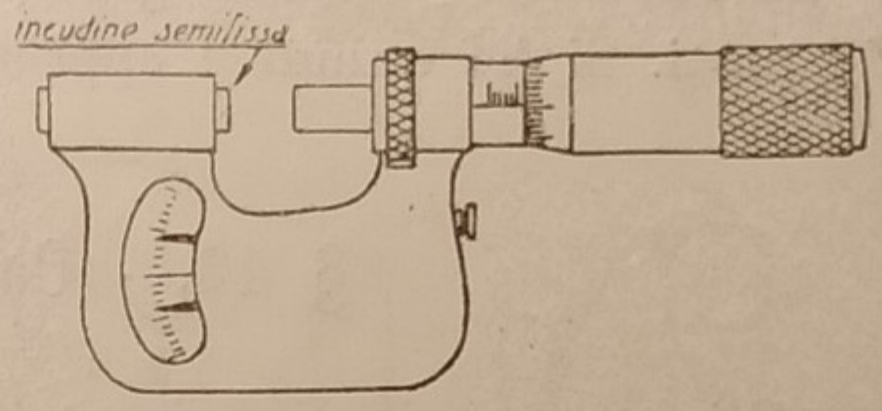


Fig. 118.

11° - *Il rapportatore e il goniometro.* Sono strumenti che servono a misurare ed a tracciare angoli.

Il rapportatore (fig. 119) è un semicerchio graduato che consente la misura di angoli con l'approssimazione di circa 30′.

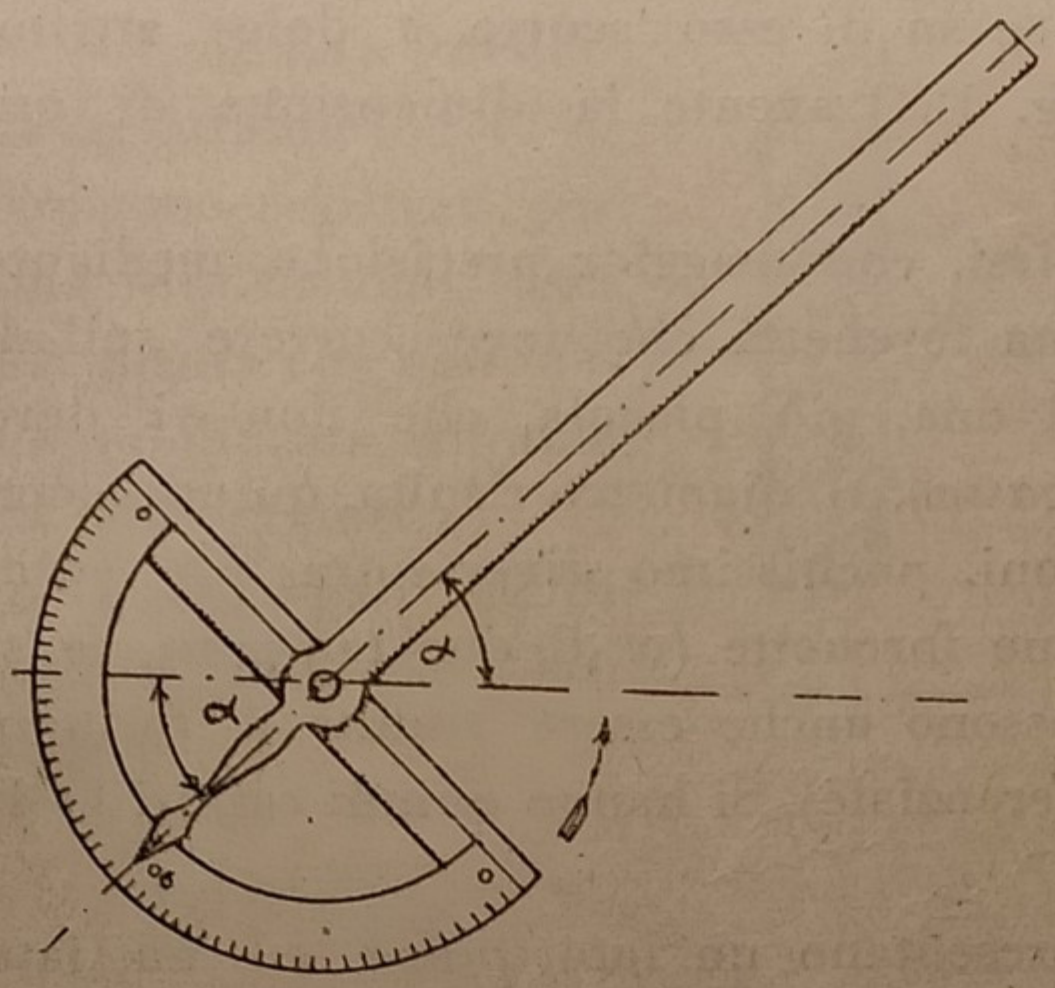


Fig. 119.

12° - *Il goniometro* fig. 120 è costituito essenzialmente da una squadra retta *A B* solidale con una corona circolare graduata *C* entro la quale ruota un disco *M* col nonio.

Il disco porta un braccio *N* entro il quale può scorrere una riga *R* che forma con esso un angolo di 90°.

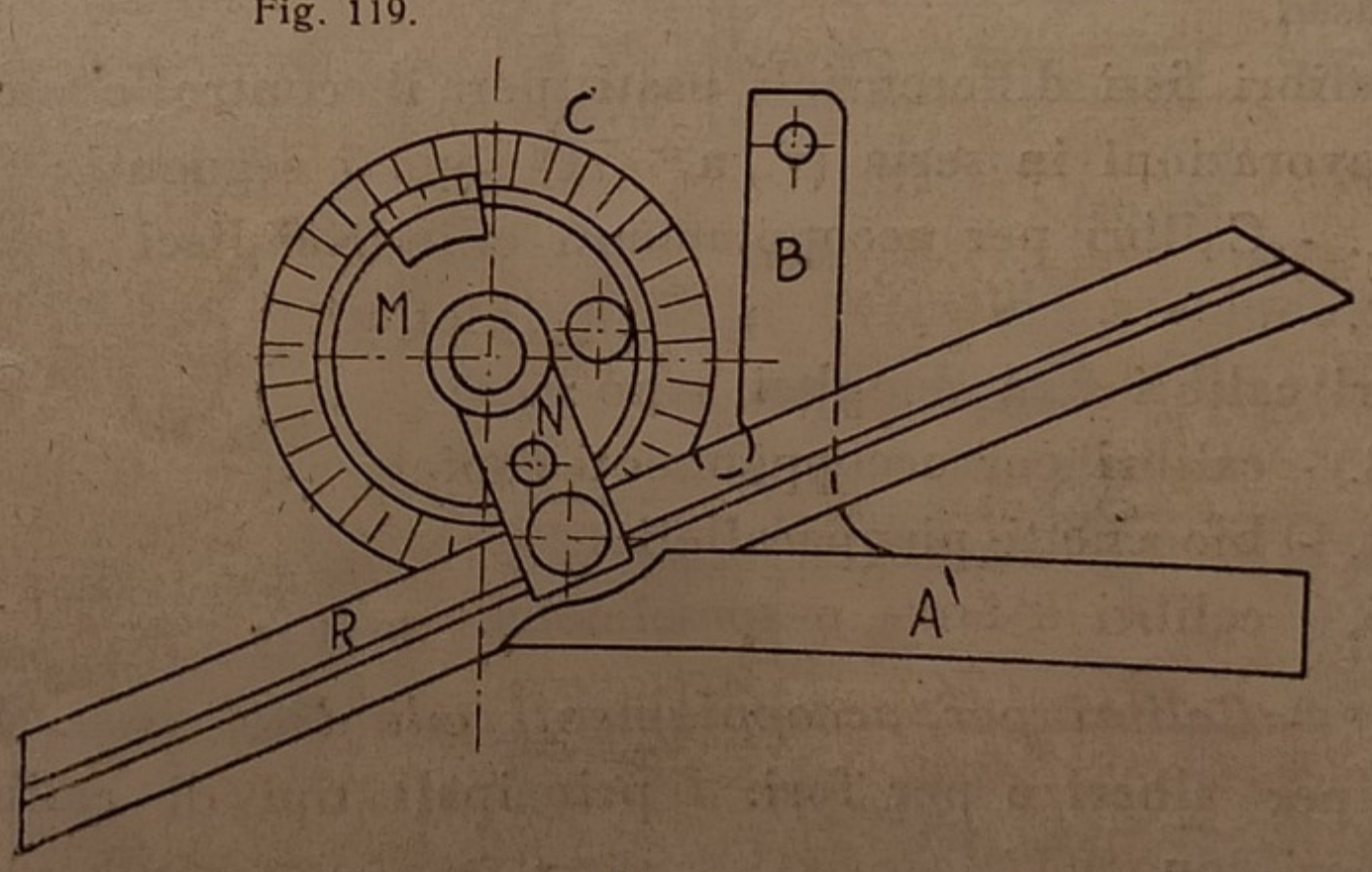


Fig. 120.

La scala fissa è divisa generalmente in gradi ed il nonio in 12 parti. Si ha quindi l'approssimazione $a = 5'$.

§ 42. - Calibri fissi.

Gli strumenti di misura descritti precedentemente sono strumenti che indicano la dimensione del pezzo su una scala graduata, sia per lettura diretta, sia mediante lancetta mobile *(strumenti di misura indicatori)*.

I *calibri fissi* sono invece strumenti fabbricati per una dimensione di misura fissa. Un pezzo cilindrico (albero) ha, ad es., diametro di 80 mm. se su di esso scorre, a dolce attrito, un calibro a forchetta (fig. 121) avente la dimensione di misura di 80 mm.

Il diametro può definirsi, con maggior precisione, mediante una coppia di calibri: una forchetta che deve scorrere sull'albero (*forchetta passa*) ed una, più piccola, che non vi deve scorrere (*forchetta non passa*). Il diametro risulta, quindi, compreso tra le due dimensioni, pochissimo diverse tra loro (vedi tolleranze n. 44), delle due forchette (o di due tamponi, se si tratta di un foro) che possono anche essere riunite a formare un solo pezzo (calibro differenziale). Si hanno quindi calibri fissi:

— ***semplici;***

— ***differenziali:*** presentano un lato *passa* ed un lato *non passa*.

I calibri fissi differenziali usati per il controllo dei pezzi nelle lavorazioni in serie (v. n.° 51) sono i seguenti:

1. - Calibri per accoppiamenti cilindrici lisci
2. - » » » filettati

Altri calibri fissi semplici sono:

3. - calibri per accoppiamenti conici
4. - blocchetti pianparalleli
5. - calibri a lame o spessimetri.

1° - *Calibri per accoppiamenti cilindrici lisci.* Possono essere per alberi e per fori. I principali tipi di calibri fissi per alberi sono:

— calibri a forchetta semplice (fig. 121) e doppia (fig. 122);

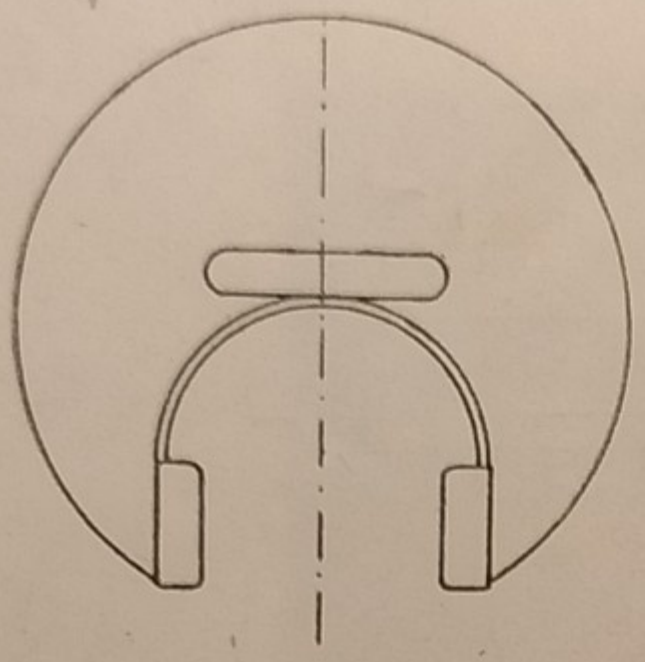


Fig. 121.

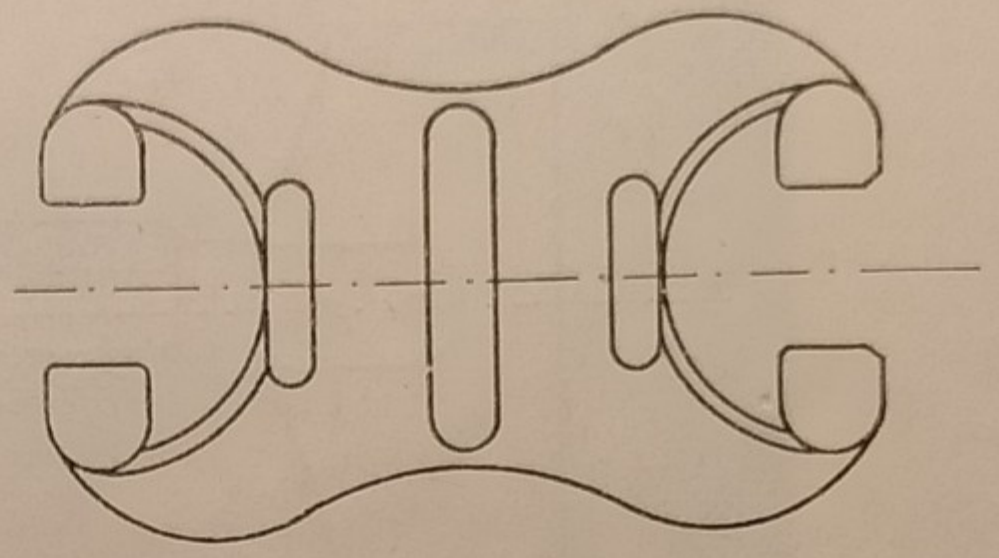


Fig. 122.

— calibri ad anello (fig. 123);

— calibri a forchetta registrabile (fig. 124). Vengono registrati per una dimensione fissa di misura che non viene modificata durante la misurazione.

I principali tipi di calibri fissi per fori sono:

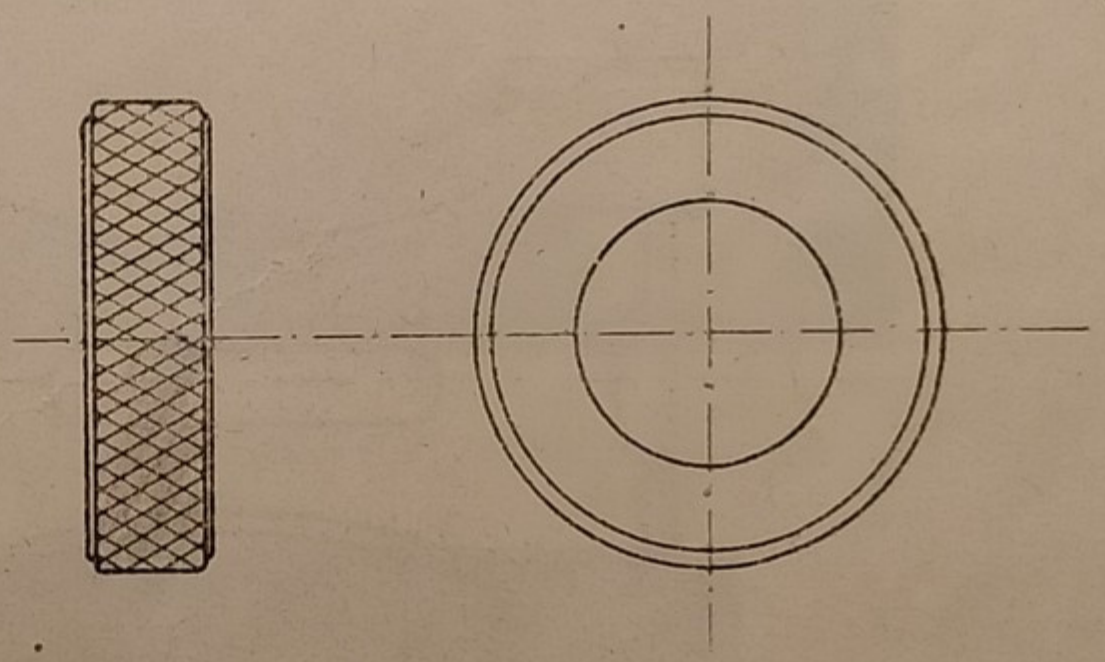


Fig. 123.

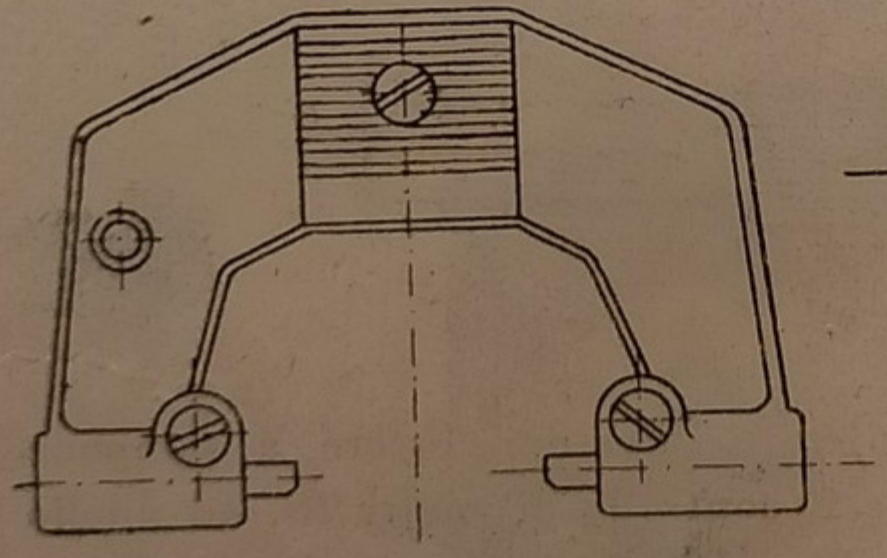


Fig. 124.

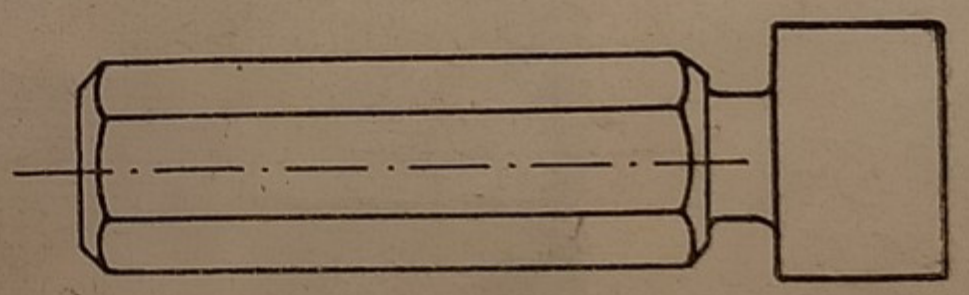


Fig. 125.

— calibri a tampone semplice (fig. 125) e doppio (fig. 126);

— calibri piatti semplice (fig. 127) e doppio (fig. 128);

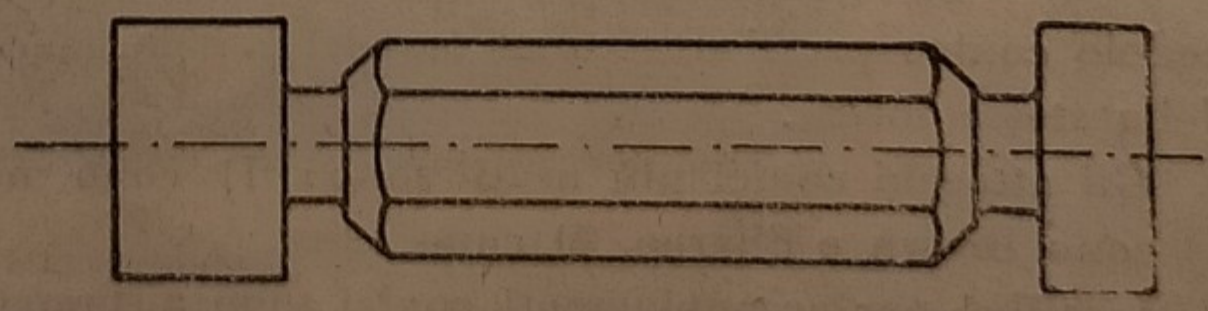


Fig. 126.

— calibri a barretta con estremità sferiche (fig. 129).

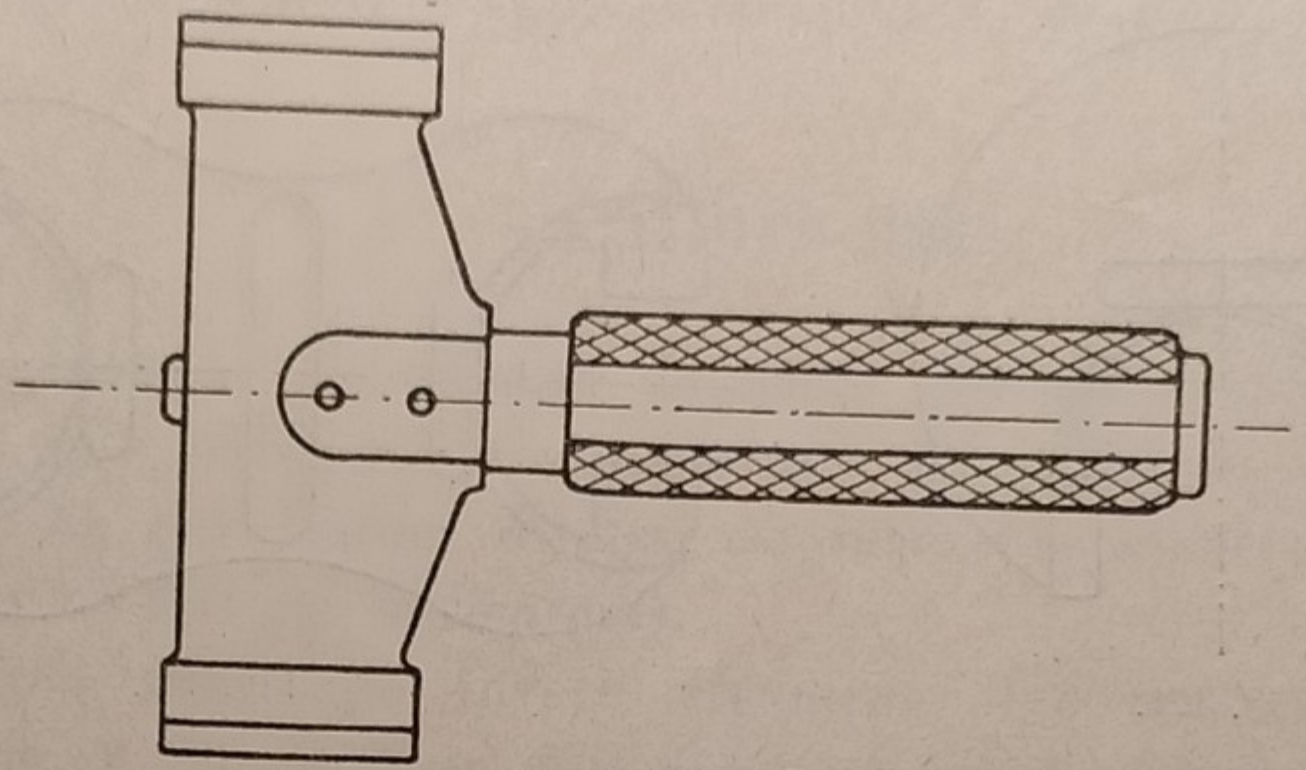


Fig. 127.

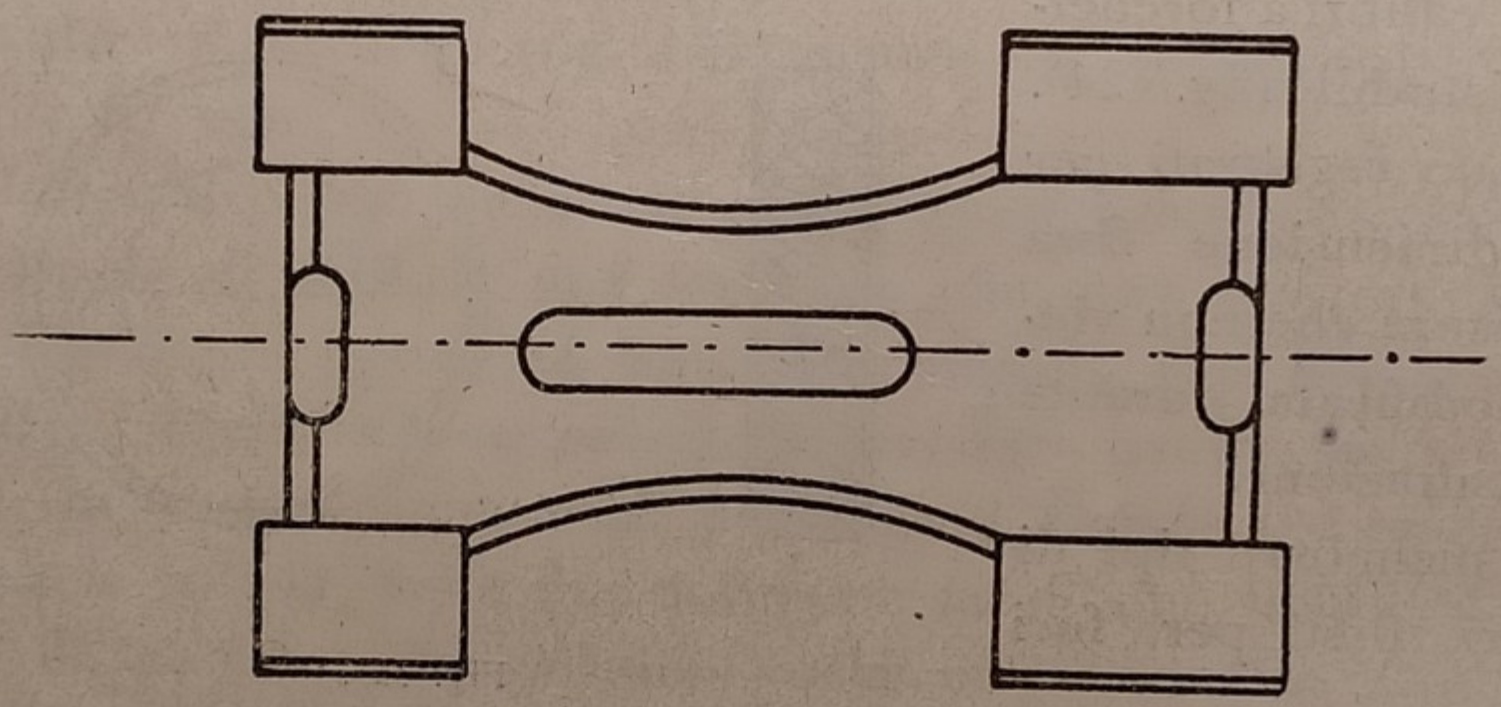


Fig. 128

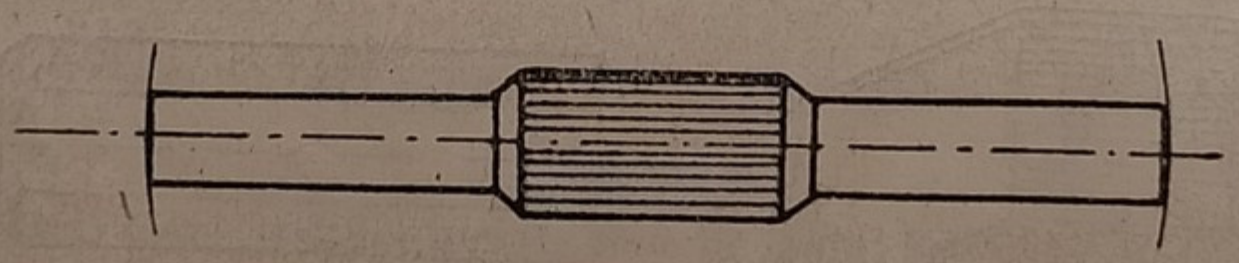


Fig. 129.

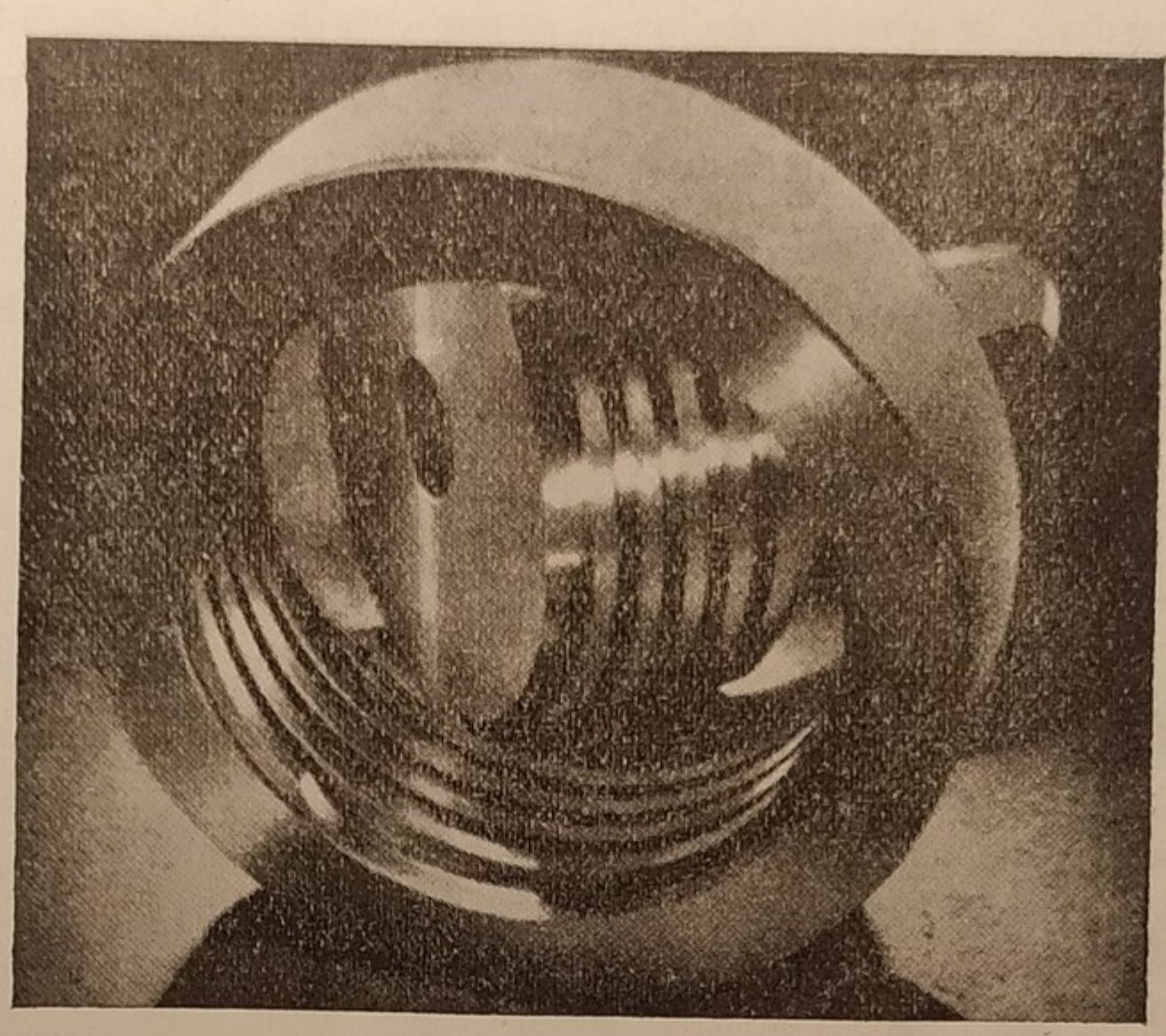
2° - *Calibri per accoppiamenti filettati.* Possono essere a tampone filettato semplice o doppio (fig. 130) per il controllo di madreviti, ad anello filettato o a forchetta registrabile a rulli profilati per controllo di viti.

3° - *Calibri per accoppiamenti conici.* Alcuni utensili sono muniti di codolo conico per l'attacco al mandrino della macchina che ha una cavità della stessa forma.

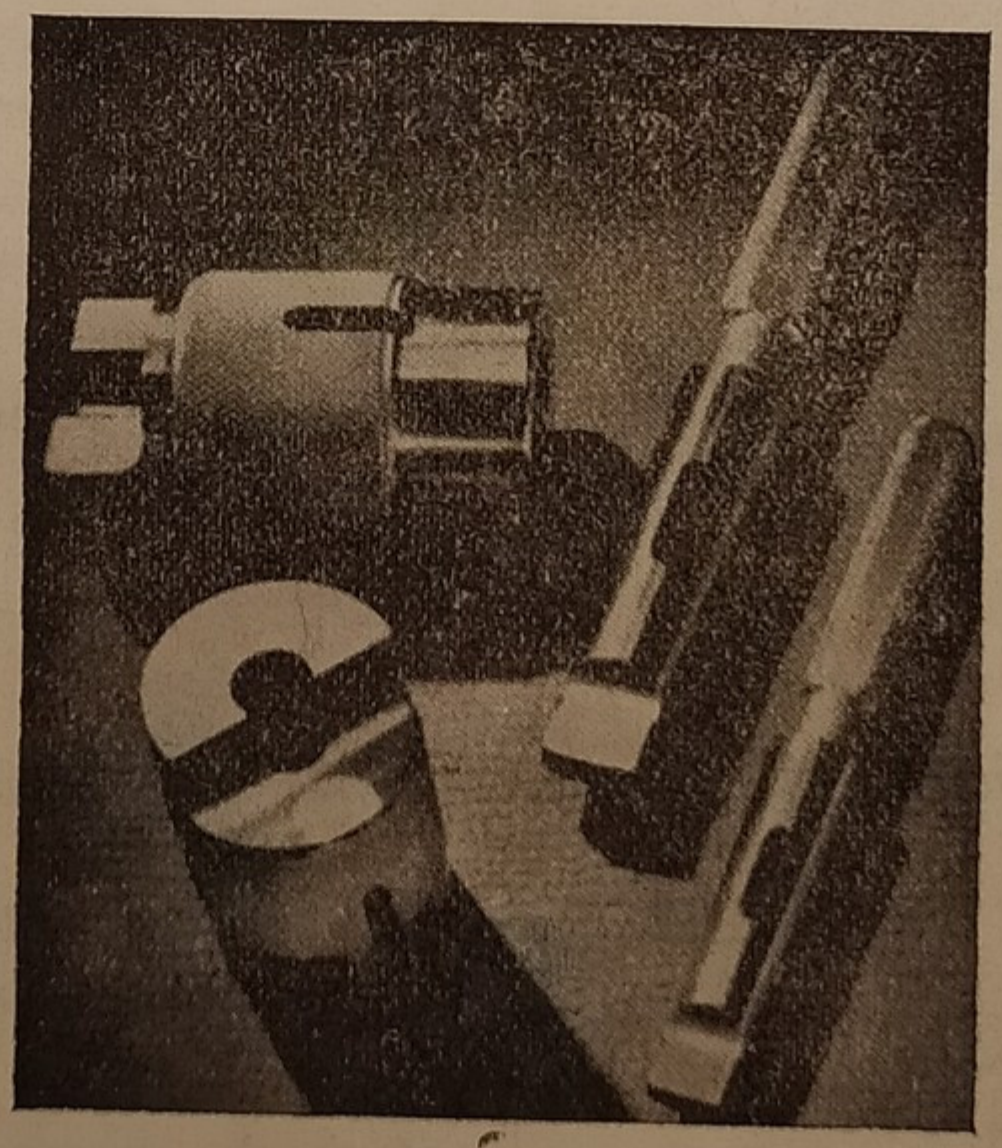
Gli attacchi conici più usati sono: 1) cono metrico, 2) cono Morse, 3) cono Brown e Sharpe, 4) cono ASME.

I calibri per accoppiamenti conici sono a tampone per i fori e a manicotto per i coni (fig. 131).

4° - *Blocchetti pianparalleli.* Sono blocchetti prismatici di acciaio stagionato (vedi rinvenimento) con due facce opposte



Calibri per accoppiamenti filettati (Elli.Zerboni) . Fig. 130.



Calibri per accoppiamenti conici (Elli-Zerboni) - Fig. 131.

parallele perfettamente piane; essi presentano quindi uno spessore rigorosamente costante. I blocchetti sono lavorati con

precisione variabile a seconda dell' uso, hanno superfici di misura che aderiscono perfettamente tra loro e si possono quindi riunire in modo da realizzare qualsiasi dimensione, ad es., tra 3 e 300 mm. di millesimo in millesimo di mm.

Si usano per il controllo di misure, per la messa a punto di apparecchi di misura, ecc.

Una cassetta di blocchetti potrà, ad es., contenere una serie di 41 pezzi così composti:

9	blocchetti	:	1,001	fino	1,009	in progressione	di	0,001
9	»	:	1,01	»	1,09	» »	»	0,01
9	»	:	1,1	»	1,9	» »	»	0,1
9	»	:	1	»	9	» »	»	1
5	»	:	10	20	40	70	100	

Volendo, ad es., realizzare la dimensione 123, 734 mm. si riuniranno 5 blocchetti: 100 + 20 + 1,7 + 1,03 + 1,004.

Vi sono scatole contenenti oltre 100 pezzi che permettono di realizzare ciascuna dimensione con pochi blocchetti ed hanno un campo di misurazione assai esteso.

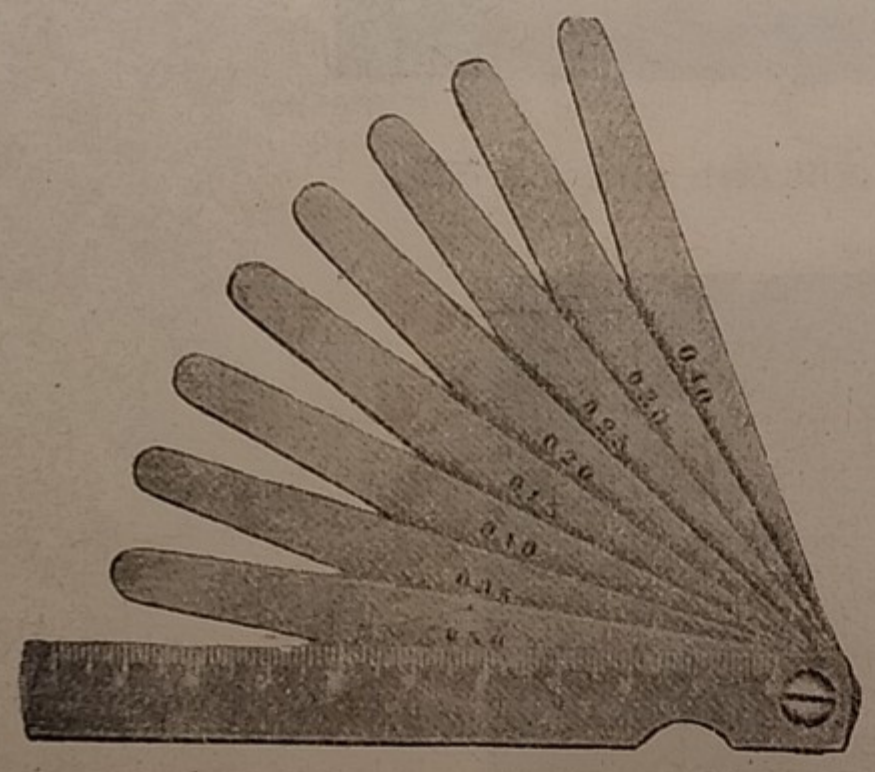


Fig. 132.

5.° - *Calibro a lame o spessimetro.* È costituito da parecchie laminette di acciaio di spessore variabile, generalmente tra 0,05 ad 1 mm. riunite in un astuccio. Si usa per misurare e controllare il giuoco esistente tra due superfici piane a contatto tra loro (fig. 132).

§ 43. - Operazioni elementari d' aggiustaggio.

Sono 9: - *Scalpellatura.* - *Limatura.* - *Raschiatura.* - *Tagliatura.* - *Segatura.* - *Foratura.* - *Alesatura.* - *Filettatura.* - *Smerigliatura.*

Scalpellatura. Consiste nel ridurre lo spessore d' un pezzo con utensili d'acciaio detti *scalpelli.* Questi sono di due specie: *scalpelli ordinari* ed *ugnetti.* Lo scalpello ordinario (fig. 133)

è una barretta d'acciaio, di sezione rettangolare appuntita e temperata all'estremo lavorante. La punta consta di due parti: la parte 1 formata dalle due facce inclinate $\overline{AB}$ e $\overline{CD}$ formanti tra loro l'angolo $A\widehat{M}D$ detto *angolo di affilatura* (15° ·|· 30°) e la parte 2 cuneiforme, a spigolo un po' convesso, il cui angolo $B\widehat{O}C$ si chiama *angolo di taglio* (35° ÷ 70° secondo la durezza del metallo da scalpellare, 50° bronzo e ottone, 60° ferro, 65° acciaio, 70° ghisa).

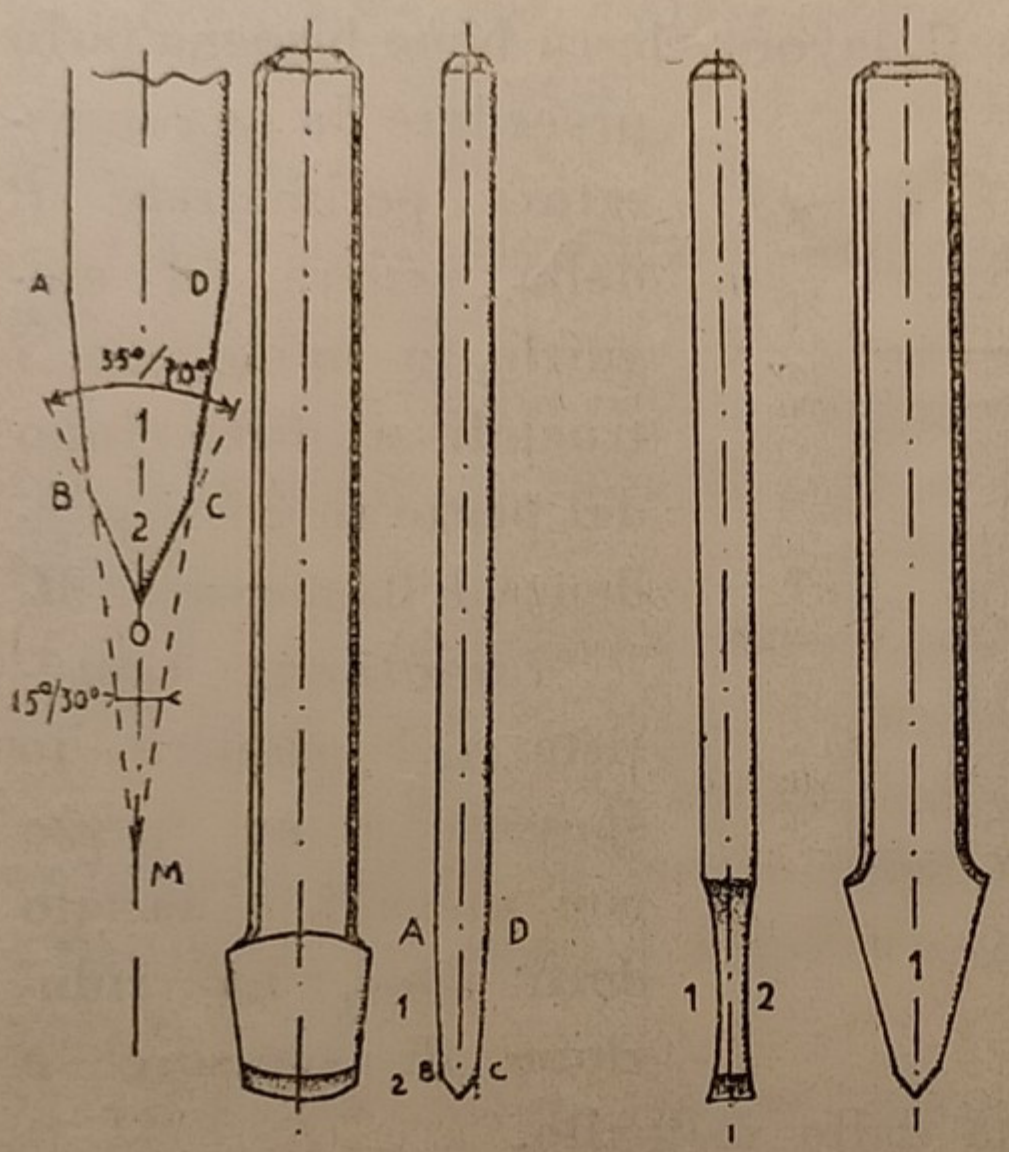


Fig. 133.

Fig. 134.

Lo scalpello (figura 135) deve essere inclinato, rispetto alla superficie S da lavorare, di un angolo $S\widehat{O}P$ compreso tra 21°,5 e 36°,5, affinchè la faccia del tagliente non strisci sul pezzo; e perciò tale faccia deve formare colla suddetta superficie un angolo $S\widehat{O}M$ di 3° ÷ 6° (*angolo di incidenza* o *di spoglia inferiore*). Sommando tale angolo con quello di taglio si ha *l'angolo di lavoro* $S\widehat{O}L$.

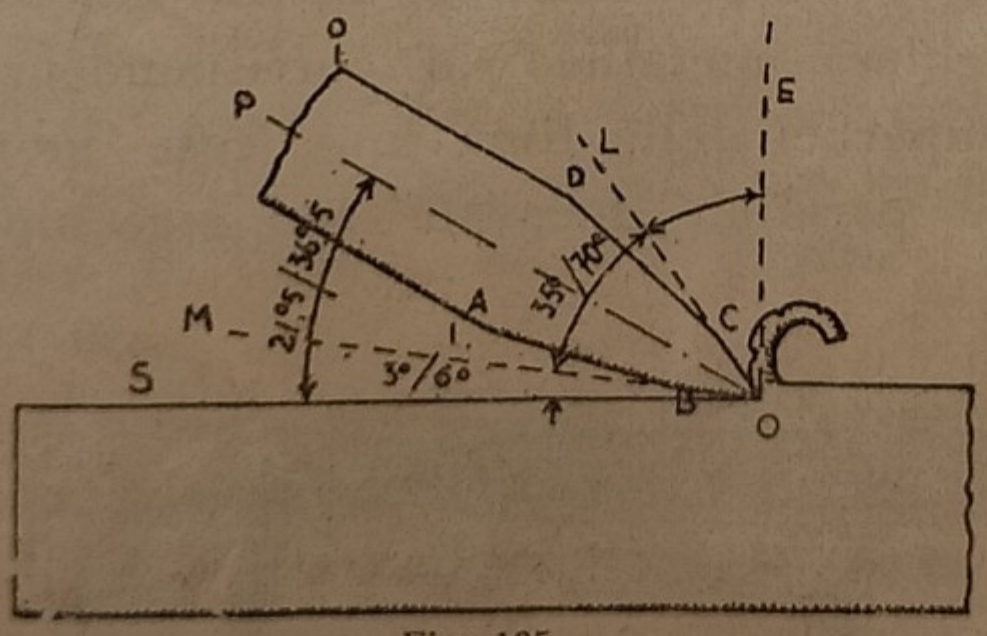


Fig. 135.

Battendo col martello la testa dello scalpello così inclinato, la punta dell'utensile penetra nel pezzo come un cuneo e ne distacca un truciolo (fig. 135) L'angolo $L\widehat{O}E$, secondo cui avviene la formazione del truciolo, si dice *angolo di distacco* o *di spoglia superiore*.

L' *ugnetto* (fig. 134) ha la punta più lunga e il tagliente più stretto dello scalpello. La punta inoltre presenta lateralmente due facce concave *1* e *2*. Tale forma di punta ha lo scopo di facilitare la penetrazione del tagliente ed impedirne l' incastramento nel pezzo. L' ugnetto serve a far scanalature equidistanti nelle piastre da scalpellare. La distanza delle scanalature si tiene un po' minore della larghezza dello scalpello da usare e poi si asportano collo scalpello le striscie *S* di metallo rimaste fra i solchi (fig. 136). Perchè il lavoro riesca bene bisogna farlo precedere da una smusatura perimetrale *P* della piastra ed eseguirlo in modo che i trucioli si distacchino dal pezzo in corrispondenza della mezzeria *M*.

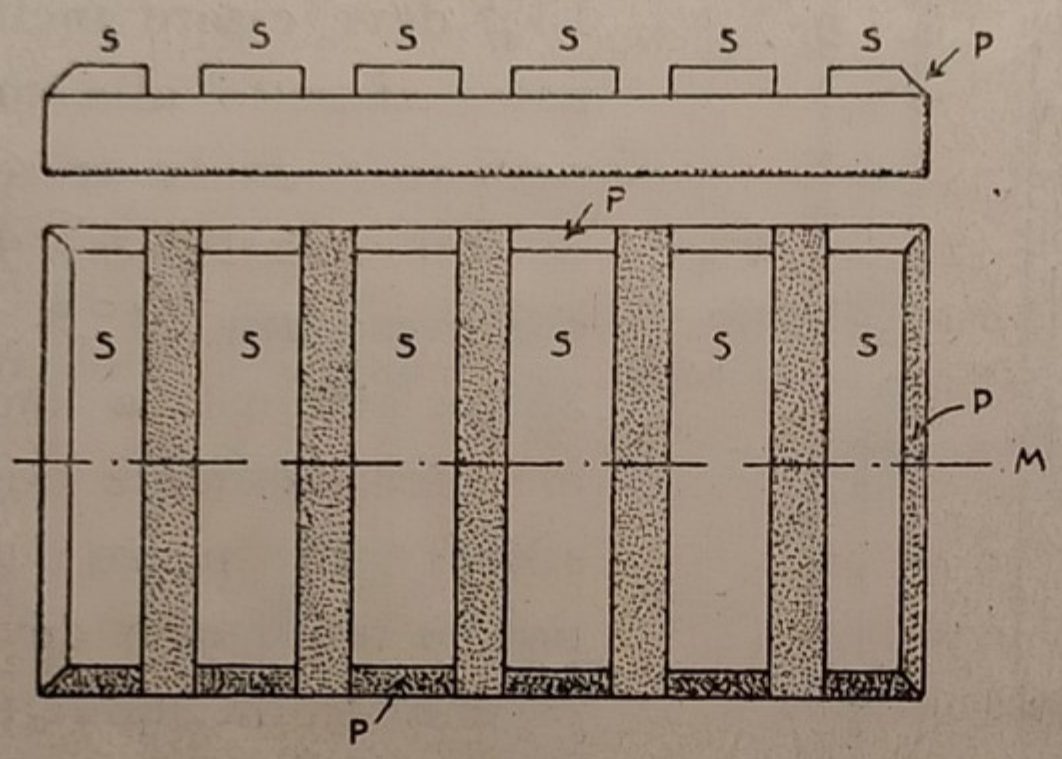


Fig. 136.

Limatura. Consiste nel ridurre lo spessore d' un pezzo con utensili d' acciaio detti *lime*. La riduzione di spessore è più piccola di quella prodotta dallo scalpello.

Ogni lima (fig. 137) consta di tre parti: la *punta A*, il *corpo B* ed il *codolo C*. Quest' ultimo s' infigge in un manico di legno duro munito di ghiera metallica in corrispondenza dell' imbocco del foro. Le superfici della lima sono rese mordenti da solcature strette e parallele incavate con macchine speciali.

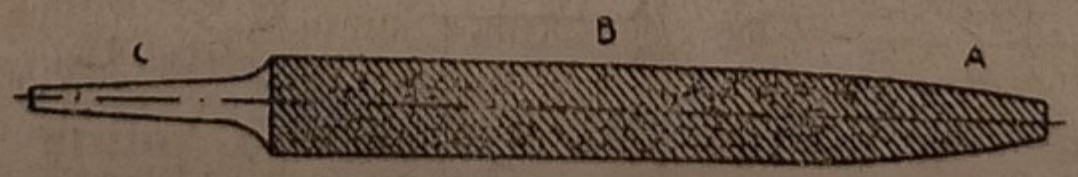


Fig. 137.

Le lime a mano [1]), le cui caratteristiche variano secondo il

[1]) Le lime a macchina, da usarsi su macchine apposite, differiscono da quelle a mano per la forma del codolo e della punta (progetto UNI).

genere di lavoro cui sono destinate (lavori di sgrossatura e di finitura, lavorazione di superfici piane o curve, ecc.), si distinguono in :

1. - *lime per meccanici*, adatte per tutti i lavori di aggiustaggio.

2. - *lime di precisione e speciali*, adatte per compiere particolari lavori (lime per calibristi, per tornio, per lavorazione di metalli teneri, ecc).

3. - *lime per affilare seghe.*

4. - *raspe*, adatte per la lavorazione del legno, del cuoio, della fibra e simili.

I principali elementi che servono a caratterizzare la lima sono i seguenti :

1. - *la forma della sezione* (piatta, quadrata, triangolare, ecc.), variabile secondo il genere di lavoro cui la lima è destinata ;

2. - *la lunghezza* (distanza dalla punta della lima all'inizio del codolo) ;

3. - *il taglio*, la cui finezza varia secondo il genere di lavoro cui la lima è destinata e secondo il materiale da lavorare.

La *forma della sezione* (normale all'asse della lima) può essere (fig. 138) : piatta [1]) o rettangolare, quadrata, triangolare, tonda, mezzo-tonda, a foglia di salvia o a mandorla, a coltello, a losanga, ecc. La lunghezza varia da un minimo di 75 mm. ad un massimo di 500 mm.

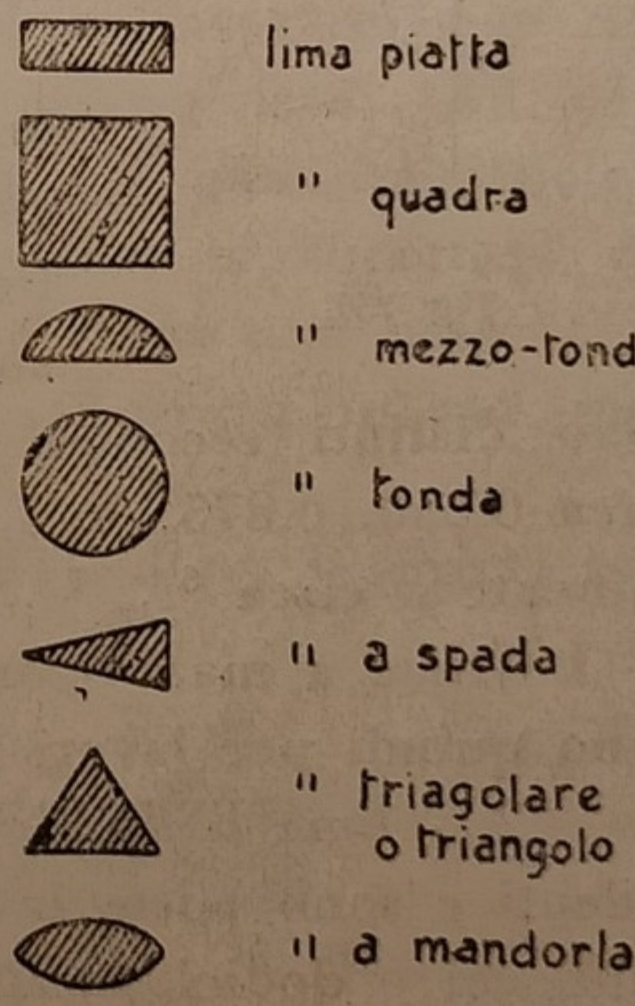


Fig. 138.

Le lime, secondo la loro *intagliatura*, si distinguono in :

1. - *lime ad un intaglio* (intaglio semplice) ;

2. - *lime a doppio intaglio* (intaglio incrociato).

Le lime ad un intaglio servono in generale per l'affilatura

---

[1]) Le lime piatte possono essere piatte parallele e piatte a punta.

delle seghe e per la lavorazione dei metalli teneri; le lime per meccanici sono di regola ad intaglio incrociato.

Nell' intagliatura incrociata si distinguono: il primo intaglio o intaglio inferiore, ed il secondo intaglio o intaglio superiore; i due intagli hanno inclinazione diversa rispetto all' asse della lima (fig. 139).

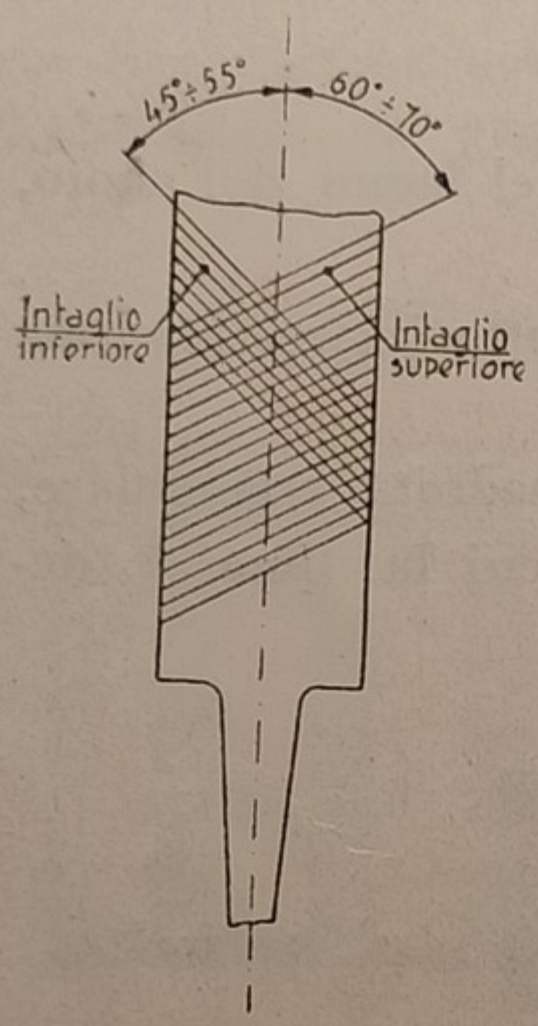


Fig. 139.

La *grossezza di taglio* si distingue in base al numero di intagli per centimetro, contati secondo l' asse della lima. Il numero di intagli è sempre riferito all' intaglio superiore.

Le lime per meccanici hanno le seguenti grossezze di taglio: grosso, bastardo, mezzo-dolce, dolce, dolcissimo [1]). I tagli più fini si usano solo per lime di precisione.

In commercio le lime si distinguono in:

1. - *lime a mazzo*: vengono poste in commercio in mazzi contenenti di regola da una a tre lime. Si hanno così le lime da "1 al mazzo", da "2 al mazzo", da "3 al mazzo". I mazzi vengono distinti secondo il loro peso: si hanno così mazzi di circa 0,650, 0,875, 1, 1,250, 1,500 Kg. (corrispondenti rispettivamente a circa $^{6}/_{4}$, $^{7}/_{4}$, $^{8}/_{4}$, $^{10}/_{4}$ e $^{12}/_{4}$ di libbra inglese).

Le lime a mazzo sono generalmente a taglio grosso e servono quindi per lavori di sgrossatura.

2. - *lime a dozzina*: sono di taglio più sottile delle precedenti e sono poste in commercio in pacchi o scatole contenenti sei o dodici pezzi.

La lima si tiene orizzontale, impugnandola colla destra nel

---

[1]) I tagli grosso, bastardo, mezzo-dolce, dolce e dolcissimo vengono anche denominati tagli 0, 1, 2, 3, 4 rispettivamente (progetto UNI). Ad es. per una lima della lunghezza di 200 mm. si ha:

taglio	0	1	2	3	4
intagli per cm.	9	10	15	20	26

manico (fig. 140) e poggiando il palmo della sinistra presso la punta. *L' asse della lima deve formare coll' asse del pezzo* (stretto, colla faccia superiore orizzontale, tra le ganasce della morsa) *un angolo di 45°*. Si dà poi all'utensile un deciso spostamento in avanti, in modo che tutta la superficie mordente della lima prema e scorra su quella del pezzo dalla punta al codolo. La sinistra non deve esercitare altro sforzo che quello

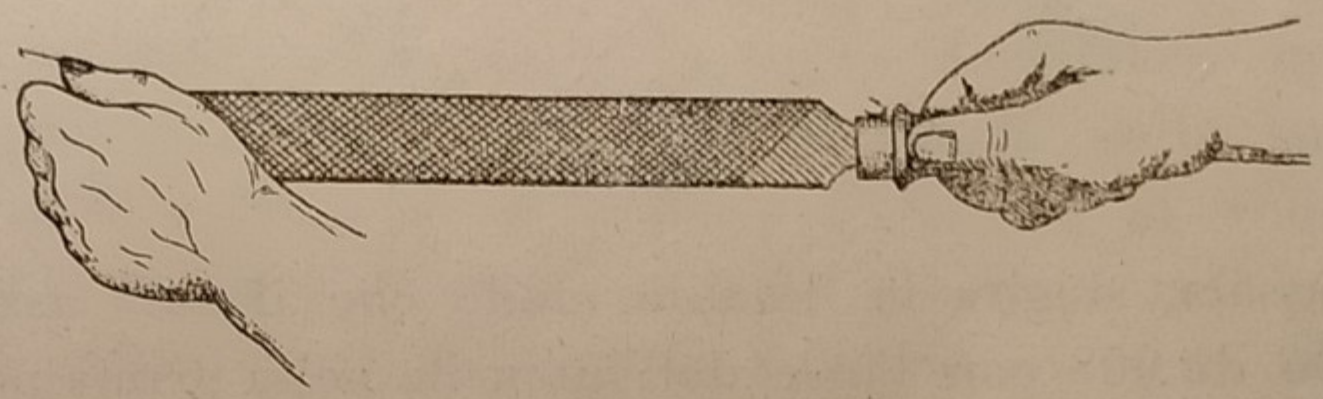
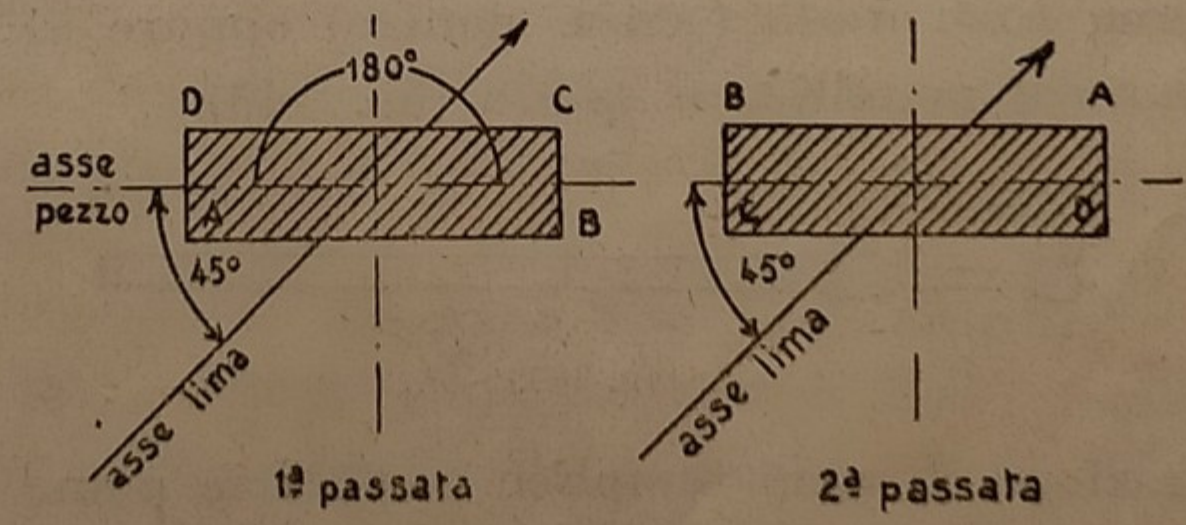


Fig. 140.

di reggere e guidare l' utensile, non premere su di esso, perchè altrimenti la superficie del pezzo risulta gobba. Nel riportare la lima indietro l' utensile non deve lavorare, per non rovinare i denti e per non guastare il lavoro fatto. Ad ogni colpo si sposta la lima di fianco di una quantità uguale a circa metà della sua larghezza. Quando tutta la superficie del pezzo ha subito l' azione della lima, si è fatta *una passata*. La passata successiva può farsi *con limatura diritta* o *con limatura incrociata*.

Se si usa la limatura diritta (fig. 141), dopo la prima pas-



Limatura diritta

Fig. 141.

sata eseguita limando dallo spigolo *AB* allo spigolo *CD* del pezzo, si gira questo di 180° nel proprio piano e si torna a

limare, nella stessa direzione, ma nel senso opposto al precedente, ossia da *CD* ad *AB*.

Se invece si fa la limatura incrociata (fig. 142), dopo la

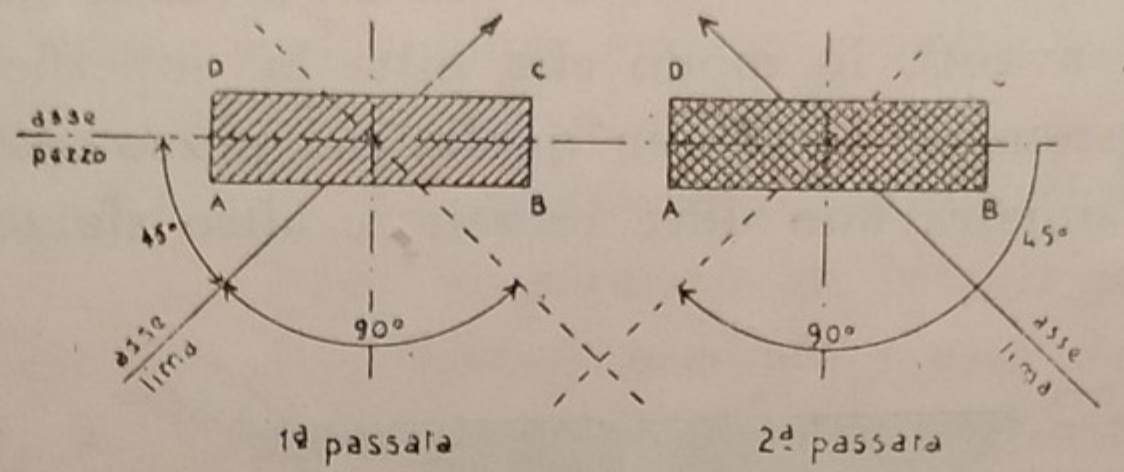


Fig. 142.

prima passata, si gira la lima in modo che il suo asse formi un angolo di 90° con l'asse dell' utensile nella prima posizione. La limatura incrociata permette di correggere colla 2ª passata i difetti di lavorazione lasciati dalla prima, perchè i due ordini di solchi vengono ad incrociarsi, ed è quindi bene servirsene sempre, quando è possibile. Vi sono però dei casi in cui non si può usare, per esempio quando si lavorano due superfici ad angolo concavo o superfici contigue od opposte di scanalature o di fori.

In questi casi si deve per forza limare diritto nel senso dello spigolo limite delle superfici stesse.

Quando poi si lavorano superfici di fori quadri e non riesce possibile vedere quello che fa la lima, si ricorre, per sentire meglio gli intoppi incontrati dall' utensile nel suo lavoro, all' uso di una *lima nuda* (senza manico) oppure di una *lima con impugnatura* metallica *a spada* (fig. 143).

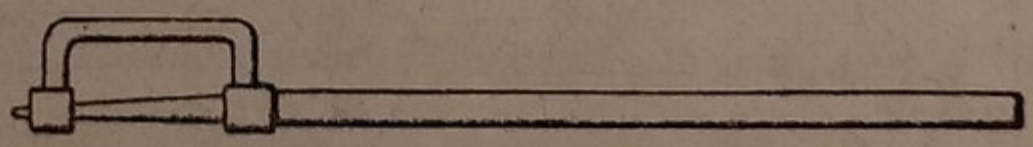


Fig. 143.

La lavorazione di una semplice superficie piana si svolge in tre fasi:

1ª Fase. — *Sgrossatura* con lime grossolane e bastarde (con cui si toglie la maggior parte del soprametallo o si fanno sparire i più grossi risalti della superficie del pezzo).

2ª - FASE. — *Spianatura* con lime mezzo-dolci e dolci (con cui si riduce piana la superficie).

3ª FASE. — *Finitura* con lime dolcissime, fine e sopraffine (con cui si completa e si perfeziona la spianatura).

Ogni due passate, qualunque sia la fase del lavoro, si verifica ciò che si è fatto facendo scorrere sulla superficie del pezzo lo spigolo di una riga o di una squadra e guardando contro luce lo spiraglio luminoso che appare tra detto spigolo e la superficie del pezzo. La prova deve farsi nel senso della lunghezza ed in quello della larghezza della superficie. Il lavoro è ben fatto se in nessuna posizione si vede spiraglio di luce; altrimenti si ritocca la superficie nei punti salienti. Le ultime verifiche (fase di finitura) conviene farle strisciando la superficie sul piano di riscontro sul quale si sia prima spalmato pochissimo minio stemprato in olio di lino. Allora la superficie risulta sporca di rosso nei punti dove vi è sovrabbondanza di metallo e si eliminano tali punti con ritocchi accurati fatti con lime dolcissime o meglio con raschietti.

La lavorazione di superfici ad angolo o parallele si fa spianando prima una faccia e poi l'altra e la verifica si fa nel primo caso con squadre adatte, nel secondo col compasso a spessore o colla punta del truschino (fissata all'altezza corrispondente allo spessore che deve avere il pezzo e fatta scorrere sulla superficie di questo nel senso della larghezza, della lunghezza e delle diagonali).

Le superfici convesse si lavorano con lime piatte, disponendo l'asse della lima alquanto inclinato rispetto alla generatrice della superficie e spostando l'utensile lungo le successive generatrici.

Quelle concave si sgrossano con lime quadre, si spianano e si finiscono con lime tonde, mezzo-tonde od a foglia di salvia, di curvatura un po' più grande di quella che si deve dare alla superficie; la lima si dispone parallelamente alle generatrici e si muove nella loro direzione, dando però di tanto in tanto un leggero colpo trasversale verso sinistra o verso destra secondo che l'avanzamento della lavorazione avviene verso destra o verso sinistra. La verifica delle superfici convesse o concave si fa con sagome concave o convesse appositamente preparate.

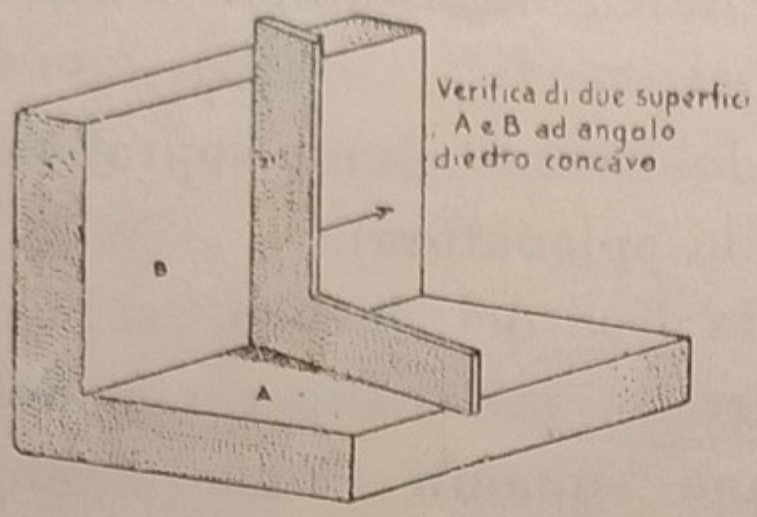


Fig. 144.

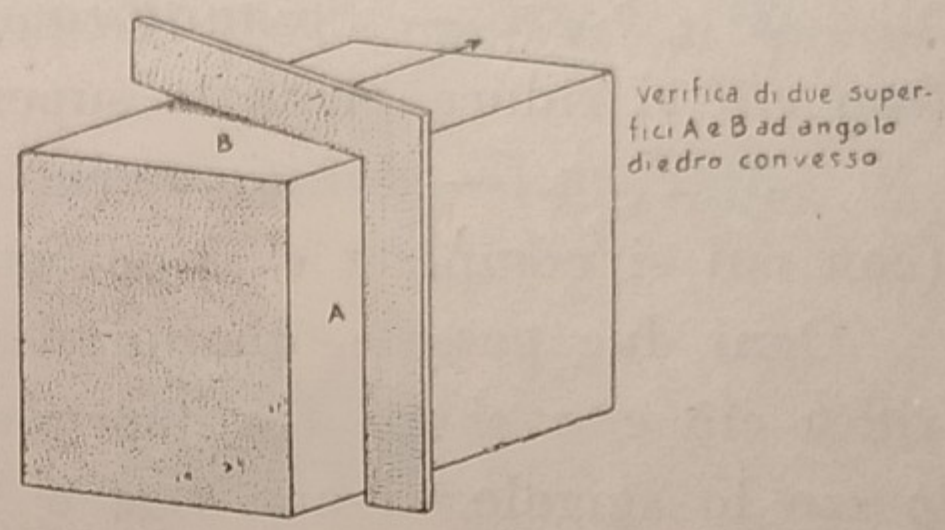


Fig. 145.

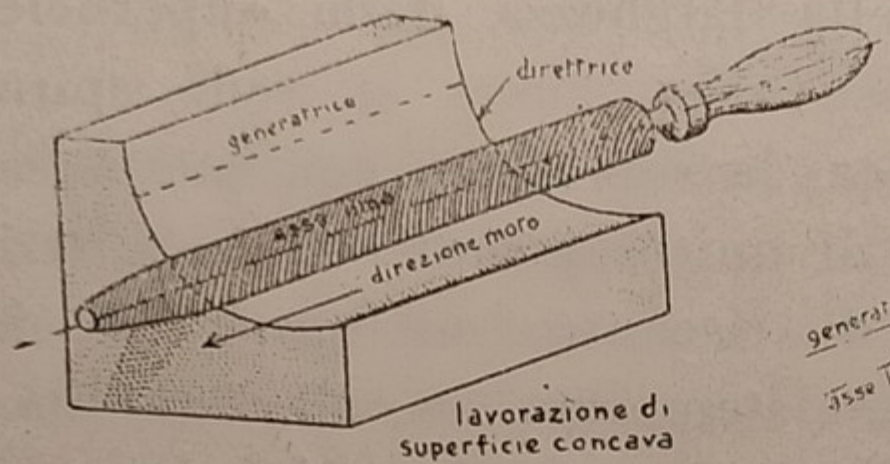


Fig. 146.

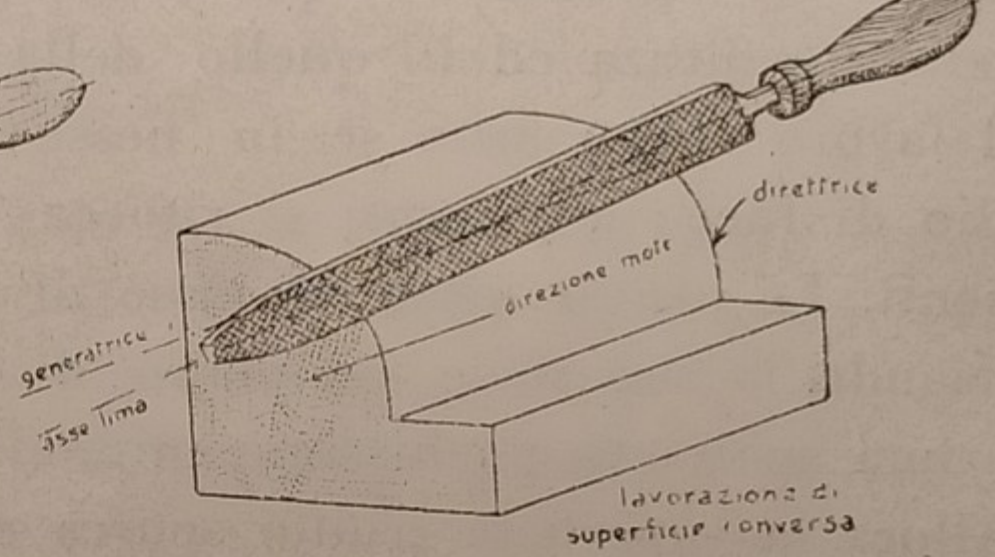


Fig. 147.

Le figg. 144-145-146-147 illustrano la verifica delle superfici ad angolo e la lavorazione di quelle convesse e concave.

Raschiatura. E' l'operazione di perfezionamento e di rettifica del lavoro precedentemente fatto con la lima. Si fa mediante i *raschietti* che possono essere: *ordinari* o *triangolari* (fig. 148 e 149). Il raschietto ordinario è un parallelepipedo a sezione rettangolare, terminante con due facce pure rettangolari inclinate (*A* e *B*) e con due spigoli taglienti (1 e 2). Il raschietto triangolare si ricava da una lima triangolare fuori uso affilandone e curvandone gli spigoli verso la punta, in mo-

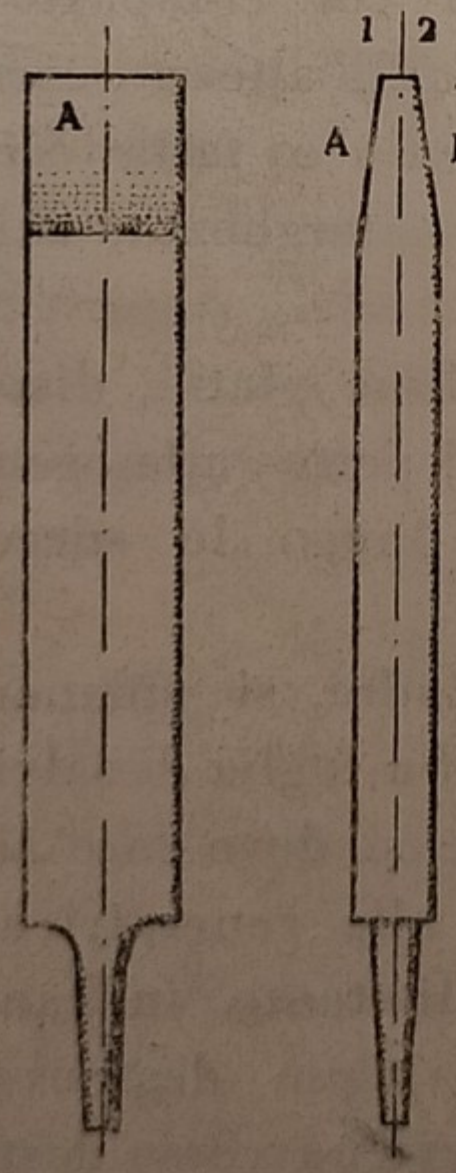


Fig. 148.

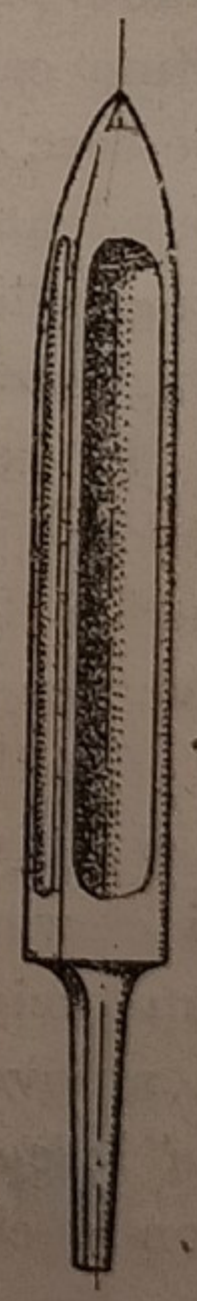


Fig. 149.

do che formino tre facce ricurve con gli angoli di 60°. Questi utensili sono d'acciaio duro temperato alla punta, e portano un codolo da infilarsi in un manico, come le lime. Per raschiare un pezzo, si poggia sulla superficie da rettificare uno degli spigoli taglienti della punta del raschietto e, tenendo questo inclinato rispetto alla superficie di una ventina di gradi, si fa scorrere in avanti di 10 o 15 mm., distaccando dal pezzo dei piccolissimi trucioli.

Il raschietto triangolare si usa per superfici concave di non grande curvatura.

Per superfici concave oltre al raschietto triangolare si usa il raschietto a foglia d'olivo (o a cucchiaio) che è particolarmente adatto per cuscinetti, collari e simili. Per diedri concavi si usano raschietti trapezoidali. Sono inoltre usati il raschietto ad unghia (per finitura di superfici cave), il raschietto per finire, ecc.

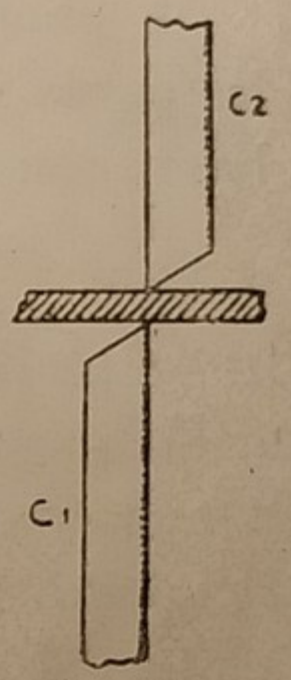


Fig. 150.

Tagliatura. È l'operazione con cui si divide un pezzo in due o più parti. Può farsi con i taglioli a freddo, con lo scalpello, con le cesoie a mano o meccaniche. Le più comuni cesoie meccaniche, sono quelle *a ghigliottina* in cui (fig. 150-151) due coltelli C_1 e C_2 sono situati uno sopra l'altro coi i taglienti affacciati. Il coltello C_1 è fisso e il coltello C_2 è mobile; quest'ultimo può abbassarsi, mediante una leva o un sistema di leve, tagliando il pezzo tra loro interposto.

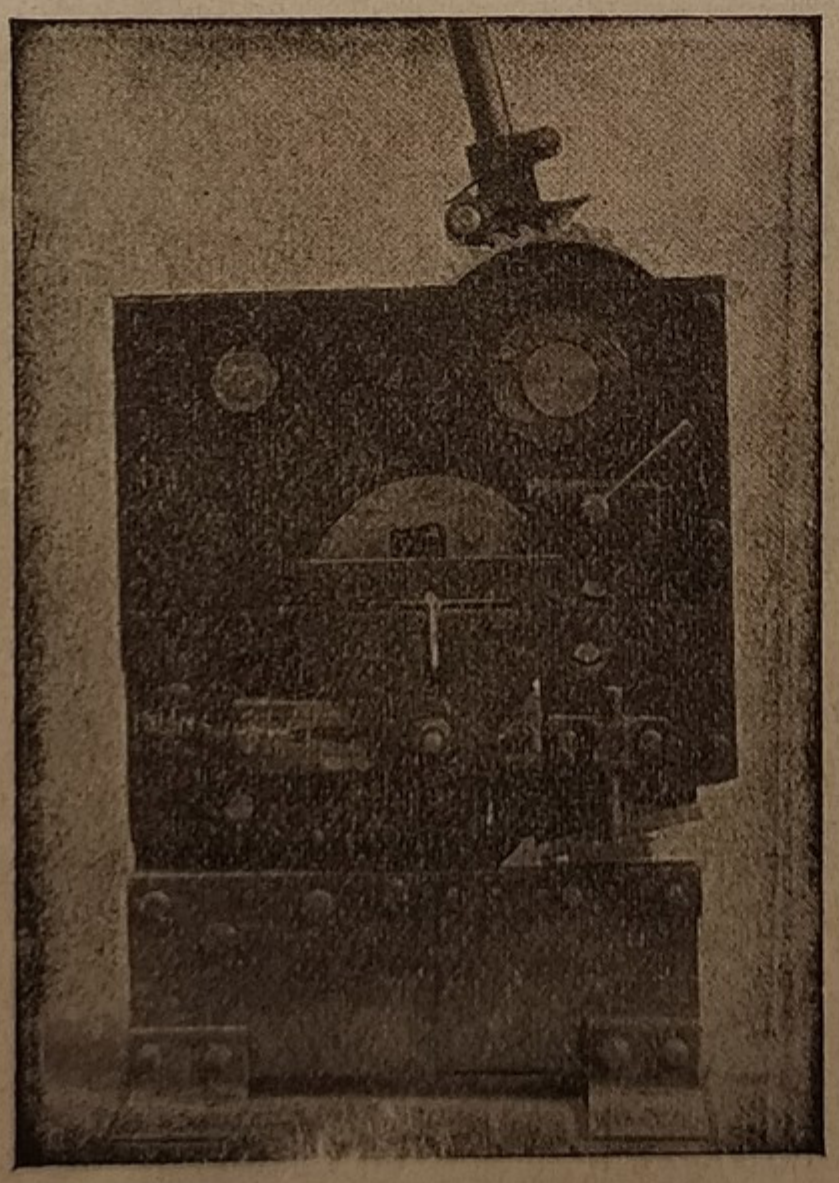


Fig 151.

Foratura. È l'operazione con cui si eseguisce nel pezzo un foro cilindrico, conico, o prismatico. I fori

conici si eseguiscono con utensili speciali. Quelli prismatici si ricavano per aggiustaggio alla lima da un foro cilindrico. I fori cilindrici, che sono quelli comuni, si possono eseguire in diversi modi:

1° - *con le pinze punzonatrici*, se sono fori molto piccoli, da praticarsi su lamierini sottili;

2° - *con i punzoni a mano* se sono fori di diametro non superiore ai 12 mm. e si fanno su lamiere di piccolo spessore;

3° - *coi trapani a mano.*

I punzoni (fig. 152) sono pezzi cilindrici d'acciaio aventi la punta *P* tronco conica, col bordo circolare *A* tagliente. La base non è generalmente piana, ma svasata internamente e porta nella parte centrale, una punta conica *O*, alquanto sporgente fuori della base. Questa punta viene fatta coincidere col centro del foro tracciato. Il lamierino *L* da forare, viene appoggiato sopra una *matrice M*, avente il foro un po' conico, onde facilitare il distacco della parte da asportare. L'angolo di taglio del punzone è compreso tra 84° e 87°. Per tagliare il lamierino, si pone il punzone verticalmente sul pezzo sostenuto dalla matrice e si batte la testa del punzone col martello.

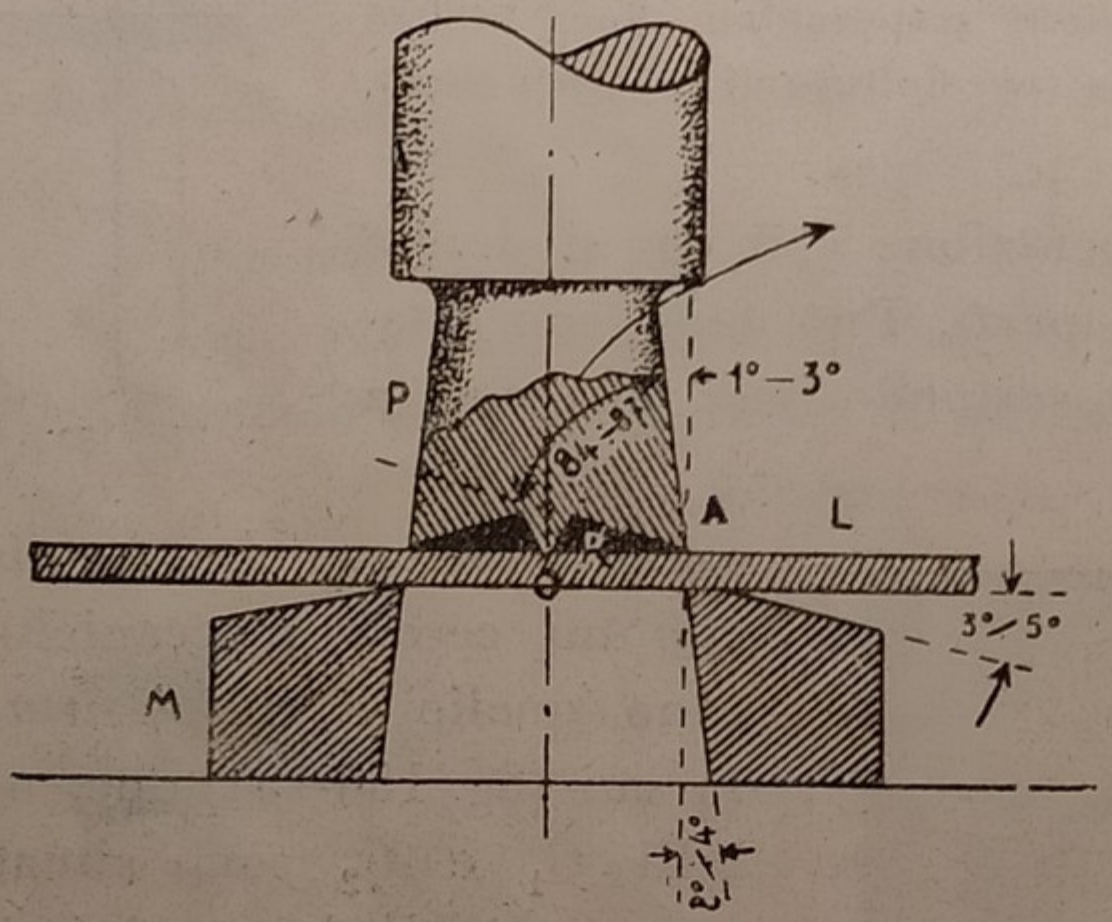


Fig. 152.

Vi sono apparecchi in cui la matrice è riunita ad una guida cilindrica, lungo la quale può scorrere il punzone. Le punte da trapano sono di quattro specie:

1° - *Punte a lancia* (fig. 153).

2° - *Punte a centro* (fig. 154).

3° - *Punte a guida* (fig. 155).

4° - *Punte elicoidali o americane* (fig. 156).

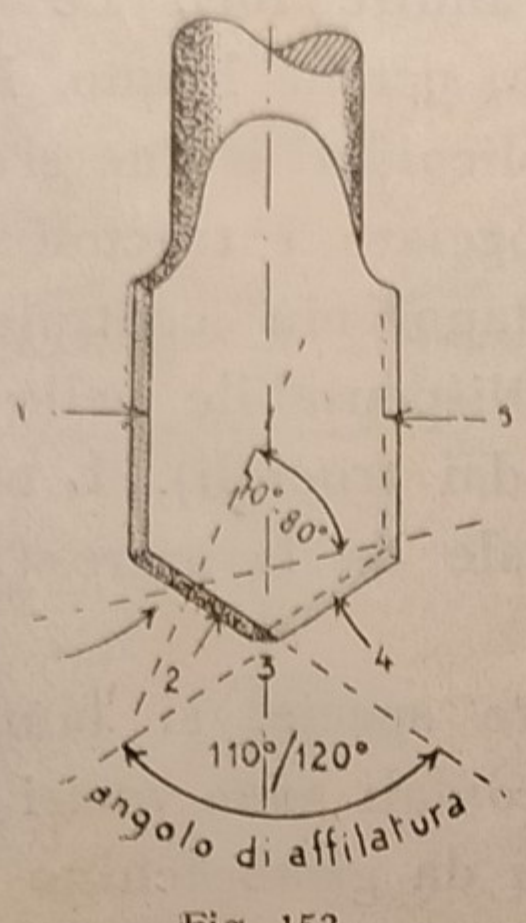


Fig. 153.

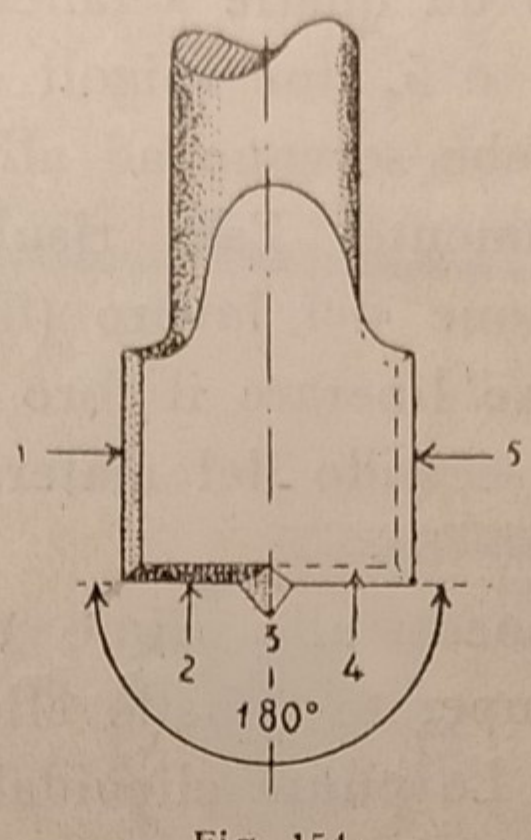


Fig. 154.

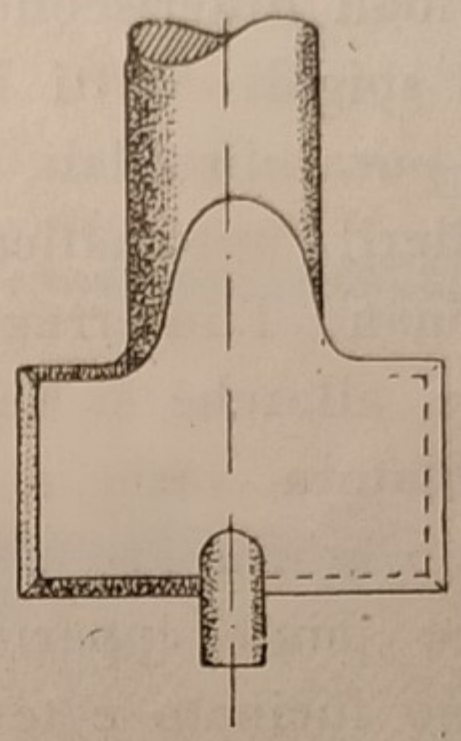


Fig. 155.

Fig. 156.

Le punte a lancia hanno cinque spigoli taglienti: lo spigolo di fondo (3) che rode il fondo del foro, gli spigoli obliqui (2 e 4) che approfondiscono il foro, e gli spigoli diritti (1 e 5) che guidano la punta nel movimento e regolarizzano la superficie del foro. L'angolo formato dagli spigoli obliqui 2 e 4 si chiama *angolo di affilatura*, e varia tra 110° e 120°. *L'angolo di taglio*, che si ottiene tagliando la punta con un piano perpendicolare ad uno spigolo tagliente, (per esempio allo spigolo 2) varia tra 70° e 80° secondo la durezza del metallo da forare. Queste punte servono per fare *fori passanti*, ossia fori che attraversano il pezzo in tutto il suo spessore.

Le punte a centro differiscono da quelle a lancia, perchè hanno, invece dello spigolo di fondo, una piccola punta piramidale d'acciaio duro o una punta di diamante, e gli spigoli 2 e 4 sono sullo stesso piano orizzontale (angolo di affilatura 180°). Si usano per fare *fori ciechi*, ossia che si fermano ad una certa profondità nel pezzo.

Le punte a guida sono simili a quelle a centro, ma hanno invece della punta piramidale, un cilindretto che s'introduce

in un foro già fatto. Si usano per ingrandire fori. Le punte elicoidali differiscono da quelle a lancia, perchè hanno, invece degli spigoli diritti 1 e 5, due spigoli elicoidali e due scanalature pure elicoidali, che servono ad alloggiare i trucioli e ad espellerli automaticamente. Esse risultano più centrate, ed eliminano l'interruzione del lavoro (indispensabile nelle altre punte allorchè si deve liberare il foro dai trucioli). L'angolo d'affilatura varia a secondo del materiale da lavorare (ferro, acciaio, ghisa 118°).

Le punte appartenenti alle prime tre specie, si fanno di acciaio fucinato e temperato; quelle elicoidali sono quasi sempre d'acciaio rapido. Le punte elicoidali da girabecchino sono unificate.

I trapani sono di tre specie:

1° - *Trapani a manovella o girabecchini* (fig. 51 a pag. 39).

2° - *Trapani ad ingranaggi* (fig. 52 a pag. 39).

3° - *Trapani a nottolino* (fig. 157).

I trapani a manovella sono forniti di un bottone di legno, che si preme contro il petto o su cui si appoggia la mano, e portano una manovella a gomito con cui si fa girare la punta. La testa delle punte viene fissata con una vite ad un foro quadro, posto nel supporto dell'apparecchio. I trapani ad ingranaggi hanno il supporto diritto. In essi una manovella a manico fa girare attorno ad un asse orizzontale una corona dentata conica, che si ingrana con un pignone, pure dentato conico, calettato sull'asse del trapano.

I trapani a nottolino (fig. 157) hanno l'asse *A B* girevole dentro i cuscinetti di un supporto a forcella *F*, sostenuto da un manico a leva *L*. Tra i due cuscinetti della forcella, è posta una ruota dentata *R* a denti inclinati, mentre un nottolino *N*, imperniato nella forcella stessa, scontra con la sua punta, tenuta abbassata da una molla a linguetta *M*, contro i denti della ruota. All'estremità *A* vi è il foro quadro a cui si fissa la punta del trapano, mentre l'estremità *B*, di forma conica, costituisce la testa di una vite *V*, che può impanare con una madrevite praticata nella forcella. Per eseguire un

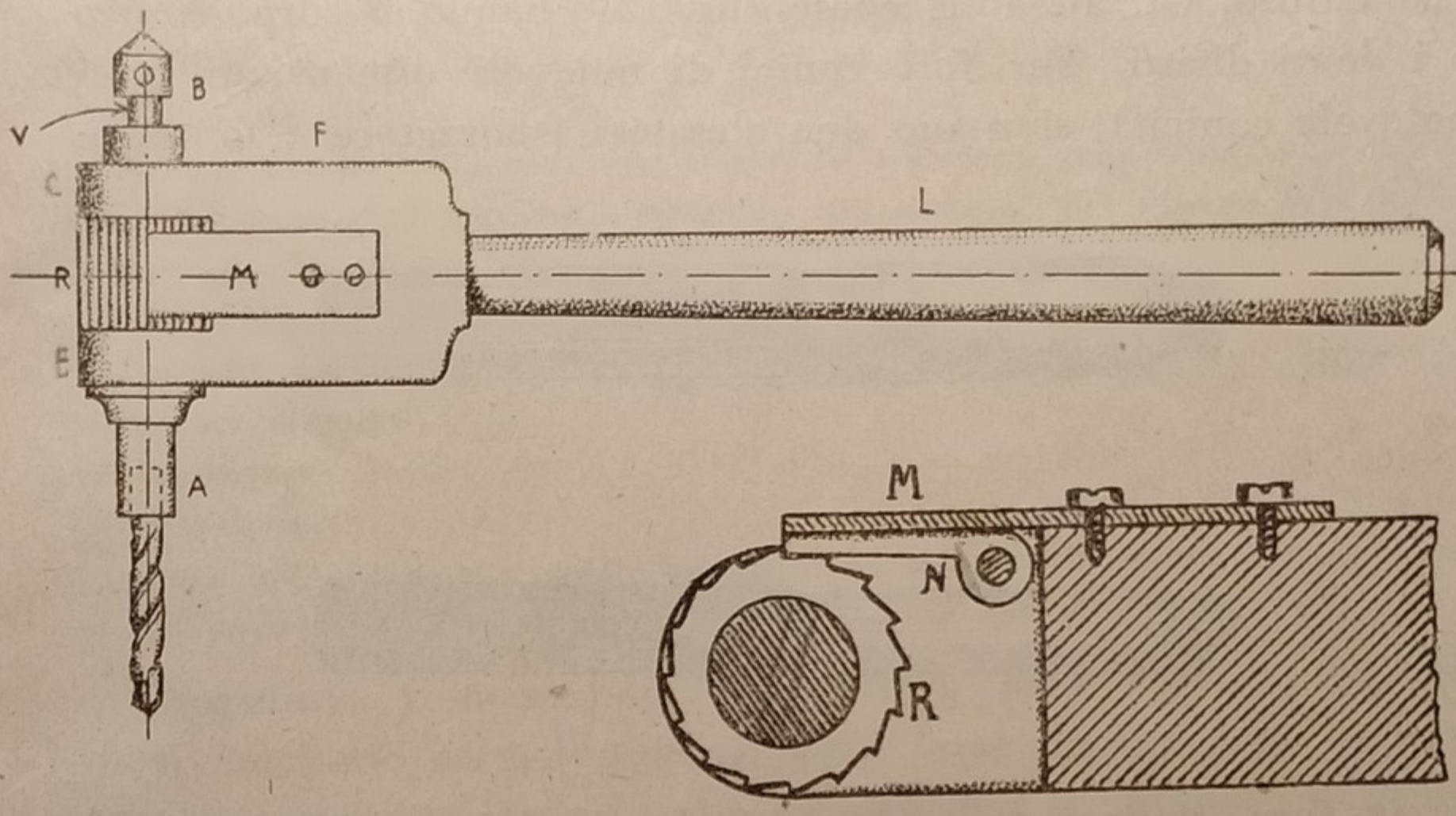


Fig. 157.

foro si poggia la punta da trapano contro il centro del foro e la punta *B* contro un supporto parallelo alla superficie in cui si comincia il foro.

Alzando la leva *L*, il nottolino spinge un dente della ruota, obbligando quest' ultima a fare una piccola rotazione. Per approfondire il foro bisogna girare la vite *V*, in modo da allontanare l' estremità *B* dall' estremità *A*. Per eseguire bene il foro, si deve fare molta attenzione a disporre l' asse dell' utensile in modo che coincida perfettamente con l' asse del foro da eseguire.

Alesatura. Consiste nell' ingrandire e rettificare un foro già fatto. L'alesatura può essere prismatica, cilindrica e conica, secondo la forma del foro. Quella prismatica si fa con apparecchi speciali. Quella cilindrica o conica con utensili detti *alesatori cilindrici o conici.* Gli alesatori cilindrici (fig. 158) sono tondini d' acciaio duro che hanno la testa quadra (attacco a codolo quadro) e il corpo munito di denti taglienti diritti, oppure elicoidali di lungo passo.

Il numero dei denti è generalmente pari (da 8 a 14). Quelli a denti diritti sono preferiti perchè sforzano meno il metallo; quelli a denti elicoidali si usano per alesare fori interrotti da

scanalature. Gli alesatori conici (fig. 159) hanno il corpo conico e i denti diritti. Per fori conici di notevoli dimensioni, o di notevole conicità, si usano due alesatori (sbozzatore e finitore);

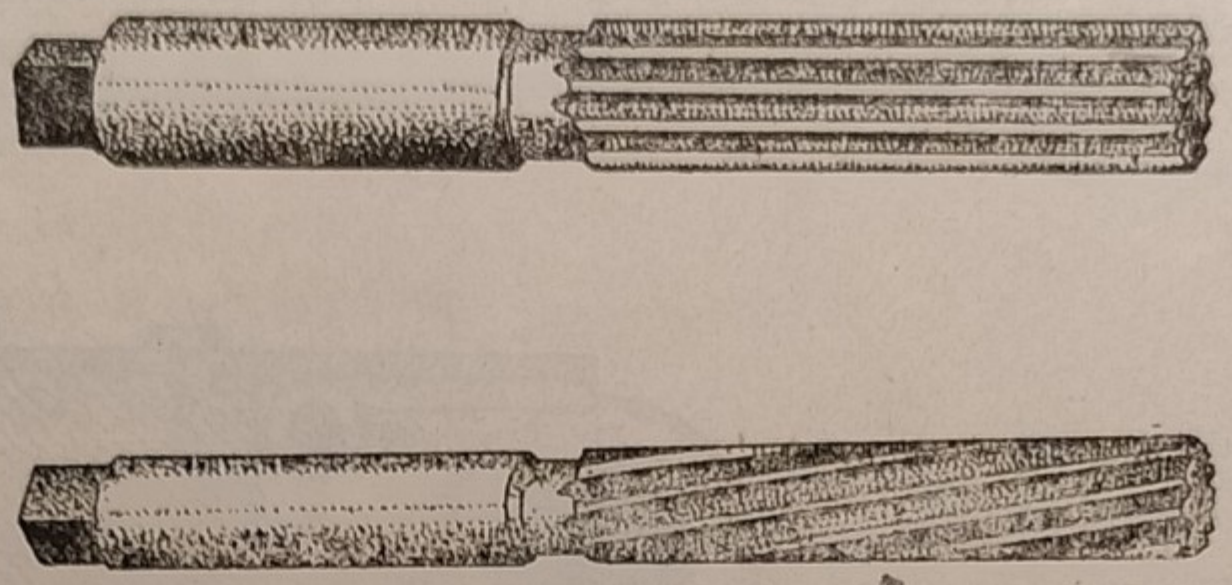
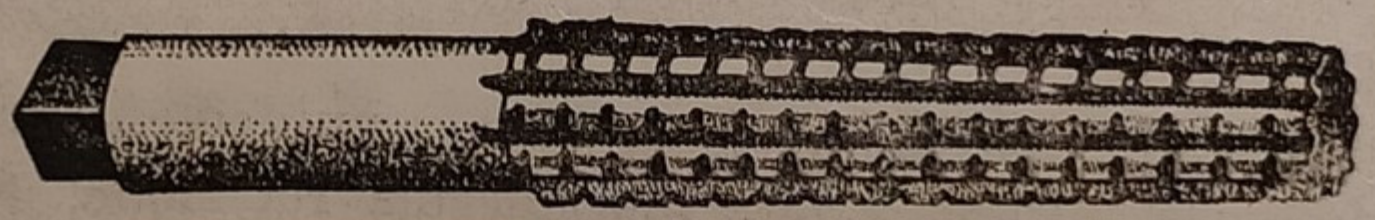


Fig. 158.

se il foro conico deve ricavarsi da un foro cilindrico se ne usano tre. Gli alesatori cilindrici sono sempre un po' smussati alla estremità, per facilitare l'imbocco dell'utensile nel foro.



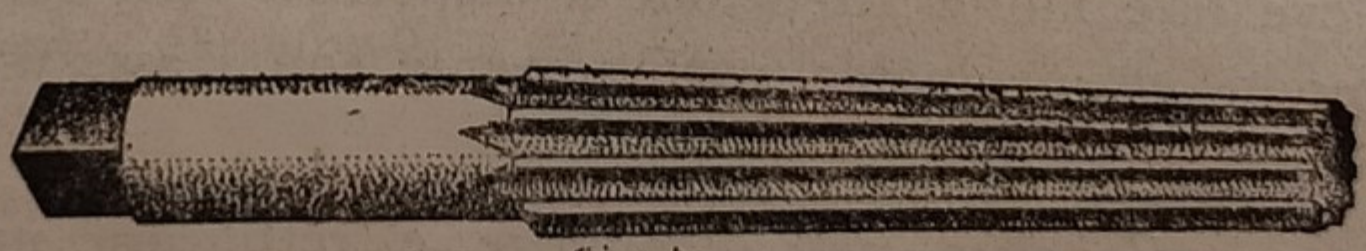


Fig. 159.

Per eseguire l'alesatura s'introduce la testa dell'alesatore nel foro quadro di una piastra a due manici (girautensili) e si gira la piastra nel senso delle lancette dell'orologio esercitando una pressione sul pezzo piazzato verticalmente nella morsa.

La rotazione dell'alesatore deve essere lenta e la lubrificazione continua.

L'alesatura produce un aumento di diametro di cui si deve tener conto nell'eseguire il foro.

Sono unificati gli alesatori fissi a sezione poligonale, gli alesatori per fori cilindrici, per fori conici, per fori da spine coniche, per bussole da portautensile, ecc.

Gli alesatori poligonali sono barrette a sezione generalmente pentagonale (fig. 160) con imbocco a piramide che si usano per alesare fori fino a 3 mm. di diametro.

Vi sono anche alesatori espansibili che si possono usare per diametri leggermente diversi (invece che per un diametro unico).

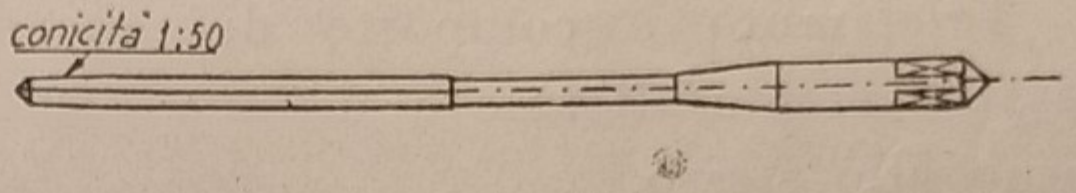


Fig. 160.

Tutti gli alesatori a mano hanno attacchi a codolo quadro e possono essere manovrati mediante girautensili a mano per codoli quadri.

Segatura. Consiste nel tagliare un pezzo in due o più parti mediante utensili speciali detti *lame da sega*. Le lame si fissano generalmente ad un supporto che si chiama *telaio da sega*. Le seghe possono essere *a mano* o *meccaniche*. Quelle a mano sono formate di un archetto di ferro munito di un manico (fig. 161) e dotato di una dentatura quadra per circa metà della

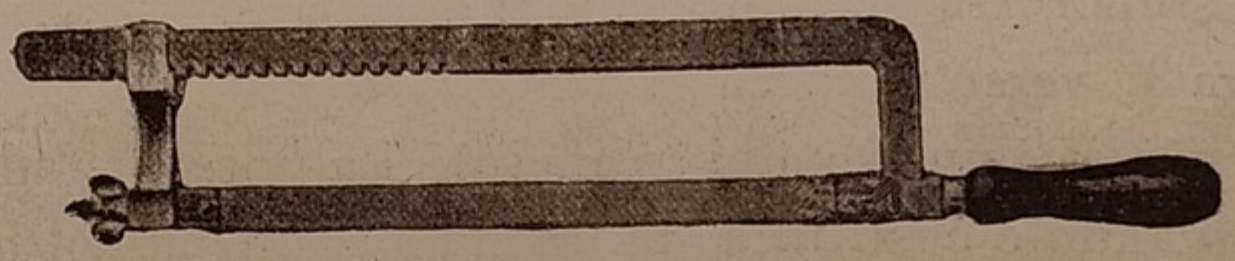


Fig. 161.

sua lunghezza. Lungo la dentatura dell' archetto può spostarsi nn braccio portante un morsetto girevole munito di vite e dado a galletto. Un' altro morsetto è fissato al manico. La lama si ferma ai due morsetti con piccoli perni e con la vite a galletto le si dà la tensione necessaria. Per segare il pezzo si fa prima un leggero solco lungo tutta la traccia del taglio, poi, tenendo la lama un po' inclinata in avanti, si taglia il pezzo procedendo dalla parte anteriore a quella posteriore. Se il solco risulta storto non bisogna sforzare la lama lateralmente, perchè potrebbe rompersi, ma si deve girare il pezzo e ricominciare il taglio dalla parte opposta. Le seghe meccaniche possono essere *alternative* o a *disco*. Quelle alternative sono come quelle a mano e sono mosse da una manovella ad eccentrico. Quelle a disco sono dischi dentati, giranti attorno al proprio asse, contro cui si spinge il pezzo.

Filettatura. È l' operazione con cui si fabbrica il *filetto* o *verme* di una vite o di una madrevite. Il filetto è il solido generato dal movimento elicoidale continuo di una figura piana (triangolo, rettangolo, o trapezio) attorno ad un asse del proprio piano e parallelo alla base della figura.

Tale moto è composto di uno scorrimento della figura parallelamente all' asse e di una rotazione contemporanea attorno allo stesso.

Se la figura generatrice si muove esternamente al cilindro, si ha il filetto di una vite; se invece si muove internamente si ha il filetto di una madrevite. Il filetto può essere rettangolare, triangolare o trapezoidale secondo la forma della figura generatrice.

Le filettature, oltre che per le dimensioni del filetto e del nocciolo (è la porzione cilindrica interna al filetto), si distinguono:

1° - per la forma del filetto;

2° - per il senso di avvolgimento. Una filettatura è destrorsa o sinistrorsa secondo che il filetto si innalza girando verso destra o verso sinistra;

3° - per il numero dei principi. La vite è ad un solo principio quando è costituita da un solo filetto avvolto elicoidalmente sul nocciolo; è a due o più principi se è formata da due o più filetti avvolti sul nocciolo secondo eliche parallele.

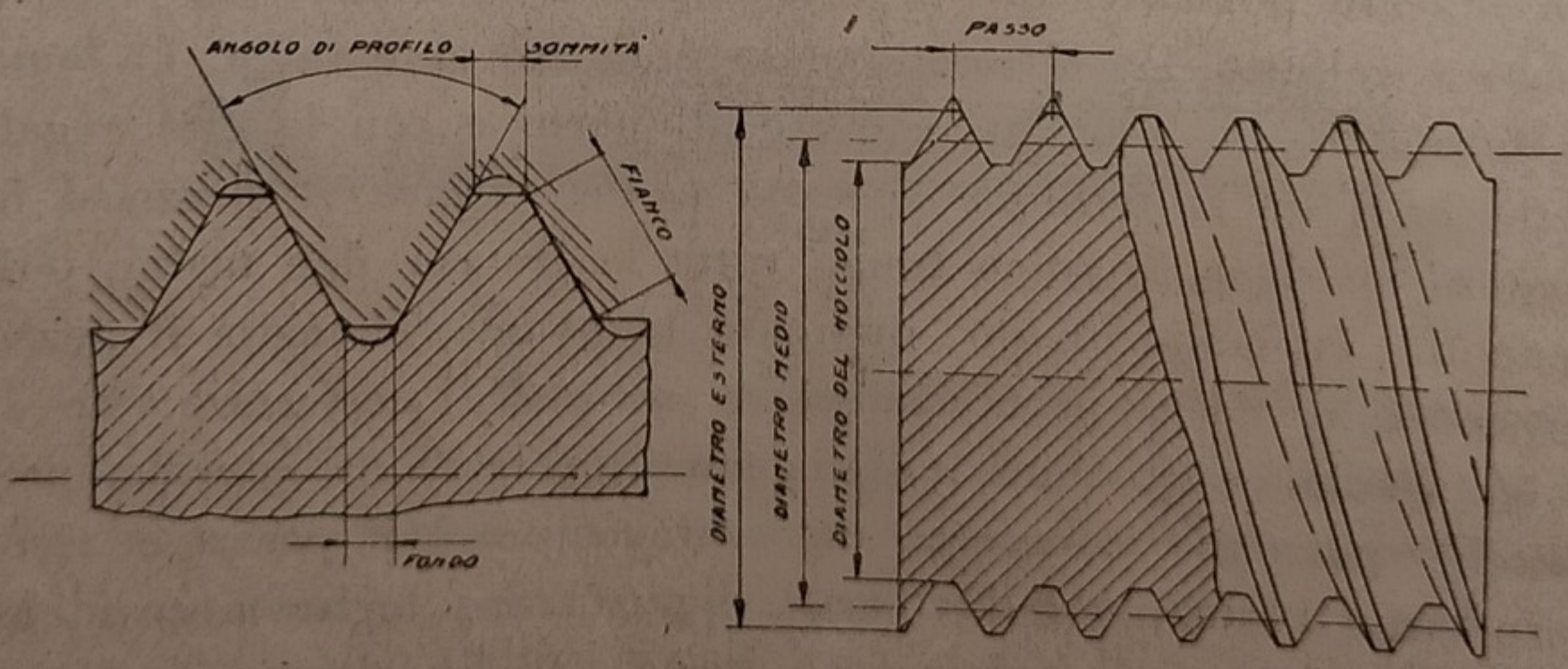


Fig. 162.

Gli elementi geometrici di una filettatura sono rappresentati nella fig. 162.

Il passo di una vite è la distanza, misurata parallelamente all'asse, tra due spire successive dello stesso filetto. Il passo di una vite a due o tre principi è doppio o triplo di quello della vite ad un principio avente filetto eguale.

Secondo l'impiego le viti si possono distinguere in:

1° - *viti di collegamento*: servono a collegare parti;

2° - *viti di manovra*: servono per la trasmissione del moto.

Le filettature unificate sono le seguenti:

a) Per viti di collegamento:

1° - Filettatura metrica serie MA (a passo normale) e serie MB, MC, MD, ME (a passo sempre più fine) [1]);

2° - Filettatura Whitworth;

3° - Filettatura gas e gas conica (filettature per tubi);

b) Per viti di manovra:

1° - Filettatura trapezia (capace di resistere a sforzi nei due sensi);

2° - Filettature a dente di sega (di resistere a sforzi in un senso solo);

Le filettature trapezia e a dente di sega hanno sostituito le filettature rettangolari usate prima.

Le tabelle UNI per le filettature metriche serie MA ed MB e Whitworth sono riportate a pag. 186-187.

Tutte le misure del filetto sono in base al passo p e sono espresse in mm. per la filettatura metrica ed in pollici per quella Whitworth; il triangolo generatore è equilatero per la prima ed isoscele con angolo di 55° per la seconda.

Per la filettatura W. invece del passo è dato talvolta il numero di spire (o di filetti) per pollice, ossia il numero di spire contenute in un tratto filettato dalla lunghezza di 25,4 mm. Poichè il passo è la lunghezza assiale di una spira completa, per avere il passo in mm. si divide 25,4 per il numero delle spire.

Esempio: La vite ha 12 filetti per pollice. Passo in mm.

$$p = \frac{25{,}4}{12} = 2{,}117 \text{ mm.}$$

---

1) Ad es. al diametro di 20 mm. con la filettatura serie MA corrisponde il passo di 2,5 mm.; allo stesso diametro con le filettature serie MB, MC, MD, ME corrispondono rispettivamente i passi 1,5 — 1 — 0,75 — 0,5 mm.

Vi sono anche filettature metriche serie MA e serie MB per bulloneria.

Filettatura metrica, serie MA

UNI 159 — N° 3 tabelle

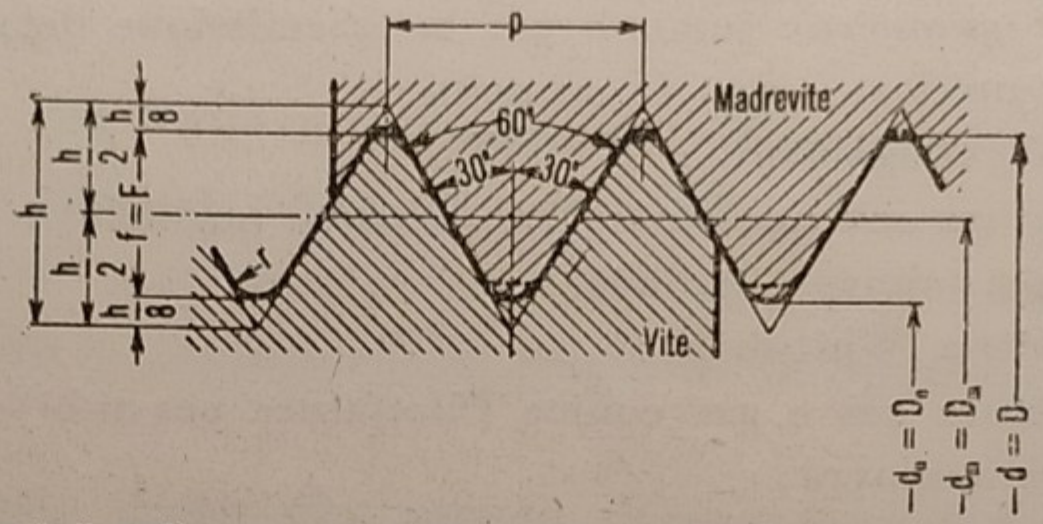
Sostituisce UNIM 5 e 6

La presente unificazione concorda sostanzialmente coi risultati dei lavori svolti in seno alla Federazione internazionale degli Enti nazionali di unificazione, ISA. - Il profilo del filetto è quello del "Sistema internazionale di filettatura metrica S. I.", quale fu definito dal Congresso di Zurigo del 1898, salvo per il valore del raggio di arrotondamento del fondo filetto della vite, ancora da definire in sede internazionale. È assicurata l'intercambiabilità fra elementi con profilo vecchio ed elementi con profilo nuovo.

Avvertenza - L'indicazione riguardante la preferenza dei diversi diametri è riferita soltanto all'impiego delle filettature negli organi meccanici (vedere punto 1).

Dimensioni in mm

$h = 0{,}8660\ p$
$f = 0{,}6495\ p$
$d_m = d - f$
$d_n = d - 2f$
$r = \frac{h}{8} = 0{,}1082\ p$



La linea a tratto continuo rappresenta il profilo teorico della vite e della madrevite. I profili reali della vite e della madrevite invece non coincidono ed i giuochi diventano rilevanti in corrispondenza della cresta e del fondo del filetto (come indicato con linea tratteggiata) anche perchè non è ammesso lo spostamento del raggio di raccordo parallelamente a se stesso.

Esempio di designazione di una filettatura metrica serie MA, avente d = 10 mm:

10 MA

(aggiungere le indicazioni integrative, vedere punto 2)

In caso di vite a più filetti o di vite con spirale sinistra, aggiungere le indicazioni relative: esempio (per 2 filetti, spirale sinistra):

10 MA 2 fil. sin.

(aggiungere le indicazioni integrative, vedere punto 2)

Indicazione per la designazione (vedere punto 1)	Diametro esterno di vite e di madrevite d = D	Passo p	Diametro medio di vite e di madrevite $d_m = D_m$	Diametro di nocciolo di vite e di madrevite $d_n = D_n$	Sezione di nocciolo mm²	Profondità di filettatura f = F	Raggio di arrotondamento r
1	1	0,25	0,838	0,676	0,36	0,162	0,03
1,2	1,2	0,25	1,038	0,876	0,60	0,162	0,03
1,4	1,4	0,3	1,205	1,010	0,80	0,195	0,03
1,7	1,7	0,35	1,473	1,246	1,22	0,227	0,04
2	2	0,4	1,740	1,480	1,72	0,260	0,04
2,3	2,3	0,4	2,040	1,780	2,49	0,260	0,04
2,6	2,6	0,45	2,308	2,016	3,19	0,292	0,05
3	3	0,5	2,675	2,350	4,34	0,325	0,05
3,5	3,5	0,6	3,110	2,720	5,81	0,390	0,06
4	4	0,7	3,545	3,090	7,50	0,455	0,08
4,5	4,5	0,75	4,013	3,526	9,76	0,487	0,08
5	5	0,8	4,480	3,960	12,3	0,520	0,09
6	6	1	5,350	4,700	17,3	0,650	0,11
7	7	1	6,350	5,700	25,5	0,650	0,11
8	8	1,25	7,188	6,376	31,9	0,812	0,14
9	9	1,25	8,188	7,376	42,7	0,812	0,14
10	10	1,5	9,026	8,052	50,9	0,974	0,16
11	11	1,5	10,026	9,052	64,4	0,974	0,16
12	12	1,75	10,863	9,726	74,3	1,137	0,19
14	14	2	12,701	11,402	102	1,299	0,22
16	16	2	14,701	13,402	141	1,299	0,22
18	18	2,5	16,376	14,752	171	1,624	0,27
20	20	2,5	18,376	16,752	220	1,624	0,27
22	22	2,5	20,376	18,752	276	1,624	0,27

Filettatura Whitworth

UNI 2709

Sostituisce UNIM 3 e 4

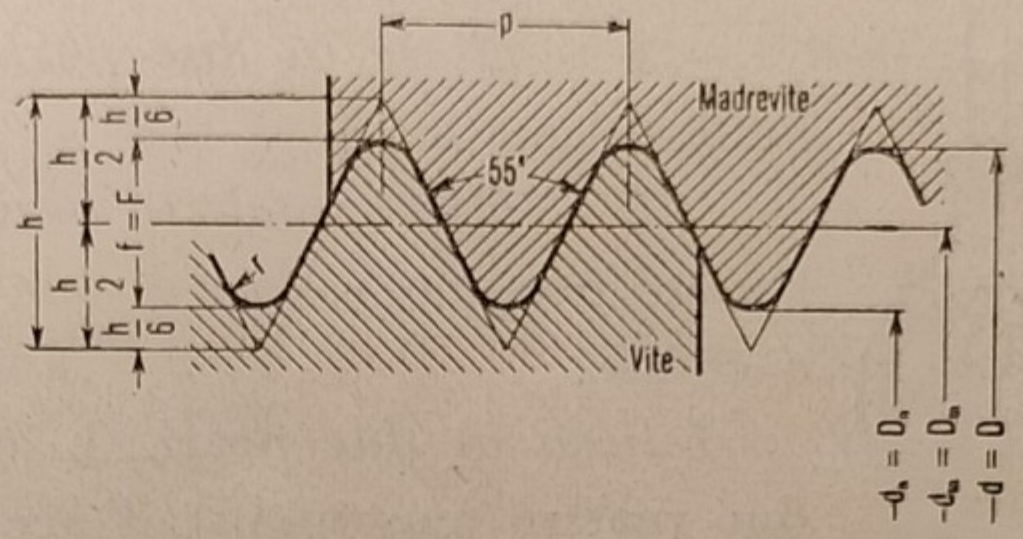
Dimensioni in mm

$$p = \frac{25,4}{z}$$

$h = 0,96049\ p$

$f = 0,64033\ p$

$r = 0,13733\ p$



Esempio di designazione di una filettatura Whitworth, avente d = 38,100 mm:

$1\,1/2$ W

Indicazione per la designazione	Diametro esterno di vite e di madrevite d = D	Diametro medio di vite e di madrevite $d_m = D_m$	Diametro di nocciolo di vite e di madrevite $d_n = D_n$	Sezione di nocciolo mm²	Passo p	Numero di filetti per pollice z	Profondità di filettatura f	Raggio di arrotondamento r
1/4	6,350	5,537	4,724	17,5	1,270	20	0,813	0,17
5/16	7,938	7,034	6,130	29,5	1,411	18	0,904	0,19
3/8	9,525	8,508	7,491	44,1	1,588	16	1,017	0,22
7/16	11,112	9,950	8,788	60,7	1,814	14	1,162	0,25
1/2	12,700	11,344	9,988	78,4	2,117	12	1,356	0,29
5/8	15,875	14,396	12,917	131	2,309	11	1,479	0,32
3/4	19,050	17,424	15,798	196	2,540	10	1,626	0,35
7/8	22,225	20,418	18,611	272	2,822	9	1,807	0,39
1	25,400	23,367	21,334	357	3,175	8	2,033	0,44
1 1/8	28,575	26,251	23,927	450	3,629	7	2,324	0,50
1 1/4	31,750	29,426	27,102	577	3,629	7	2,324	0,50
1 3/8	34,925	32,214	29,503	684	4,233	6	2,711	0,58
1 1/2	38,100	35,389	32,678	839	4,233	6	2,711	0,58
1 5/8	41,275	38,022	34,769	949	5,080	5	3,253	0,70
1 3/4	44,450	41,197	37,944	1 131	5,080	5	3,253	0,70
1 7/8	47,625	44,011	40,397	1 282	5,644	4 1/2	3,614	0,78
2	50,800	47,186	43,572	1 491	5,644	4 1/2	3,614	0,78
2 1/4	57,150	53,084	49,018	1 887	6,350	4	4,066	0,87
2 1/2	63,500	59,434	55,368	2 408	6,350	4	4,066	0,87
2 5/8	66,675	62,609	58,543	2 692	6,350	4	4,066	0,87
2 3/4	69,850	65,203	60,556	2 880	7,257	3 1/2	4,647	1,00
3	76,200	71,553	66,906	3 516	7,257	3 1/2	4,647	1,00
3 1/4	82,550	77,546	72,542	4 133	7,815	3 1/4	5,004	1,07
3 1/2	88,900	83,896	78,892	4 886	7,815	3 1/4	5,004	1,07
3 3/4	95,250	89,828	84,406	5 595	8,467	3	5,422	1,16
4	101,600	96,178	90,756	6 469	8,467	3	5,422	1,16
4 1/4	107,950	102,293	96,636	7 334	8,835	2 7/8	5,657	1,21
4 1/2	114,300	108,643	102,986	8 330	8,835	2 7/8	5,657	1,21
4 3/4	120,650	114,736	108,822	9 301	9,236	2 3/4	5,914	1,27
5	127,000	121,086	115,172	10 418	9,236	2 3/4	5,914	1,27
5 1/4	133,350	127,154	120,958	11 491	9,676	2 5/8	6,196	1,33
5 1/2	139,700	133,504	127,308	12 729	9,676	2 5/8	6,196	1,33
5 3/4	146,050	139,544	133,038	13 901	10,160	2 1/2	6,506	1,40
6	152,400	145,894	139,388	15 260	10,160	2 1/2	6,506	1,40

1 – Le filettature indicate in carattere chiaro devono essere impiegate soltanto in caso di assoluta necessità.

2 – Per il procedimento di calcolo degli elementi geometrici delle filettature Whitworth, vedere UNI 2708.

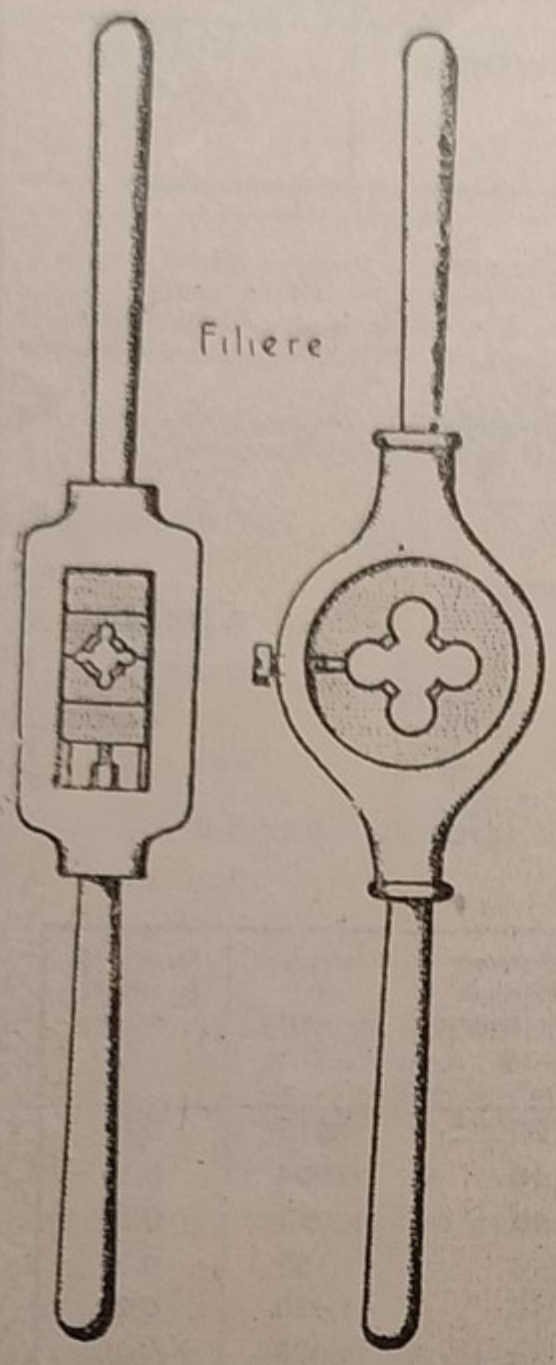


Fig. 163.

La filettatura delle viti si fa con utensili detti *filiere*, quella delle madreviti con utensili detti *maschi*. Le filiere più comunemente usate sono:

1° - *filiere in due pezzi* (o a cuscinetti prismatici);

2° - *filiere tonde* (o in un sol pezzo). Queste possono essere di due tipi: *aperte* o *chiuse*,

Filiera in due pezzi. È costituita da due piastre (cuscinetti) d'acciaio speciale temperato portanti delle filetture a madrevite interrotte da solchi lungitudinali che hanno lo scopo di facilitare la formazione dei trucioli ed aiutarne l'espulsione. I cuscinetti sono portati da un *girafiliere* a mano (fig. 163) e possono stringersi convenientemente attorno al pezzo da filettare o girando uno dei manici, se questo è mobile, o regolando apposite viti di registro. Dopo aver stretto i cuscinetti attorno al tondino piazzato verticalmente nella morsa, si fa girare la filiera nel senso di avvitamento di una vite e si lubrifica il pezzo. Per ultimare il filetto occorrono diverse passate.

Filiere tonde. Consentono di ottenere la filettatura con una sola passata (per diametri fino a circa 16 mm.). Quelle aperte (fig. 164) si ottengono da quelle chiuse (fig. 165) ed hanno maggiore durata; quelle chiuse permettono di ottenere superfici più regolari e sono munite di intaglio cosicchè quando sono logore possono essere agevolmente aperte, mediante molatura, e quindi serrate in modo da compensare il logoramento.

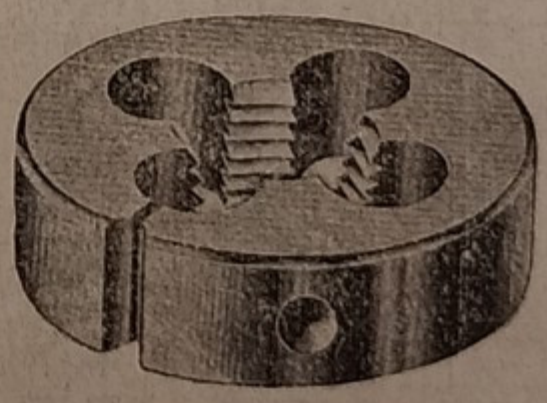


Fig. 164.

Le filiere tonde (fig. 165) vengono fissate mediante viti in apposite capsule (fig. 166) e queste nei girafiliere a mano. La capsula porta anche le viti di regolazione per filiere aperte.

Per filettare pezzi di grande diametro si usa prima una filiera sbozzatrice e poi una filiera tonda.

Filiere tonde, capsule e girafiliere relativi sono unificati.

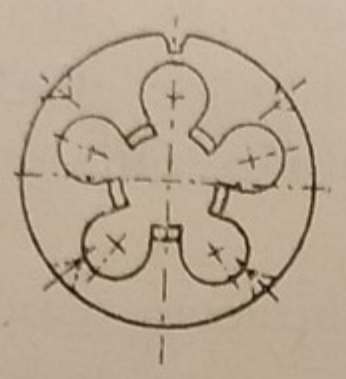


Fig. 165.

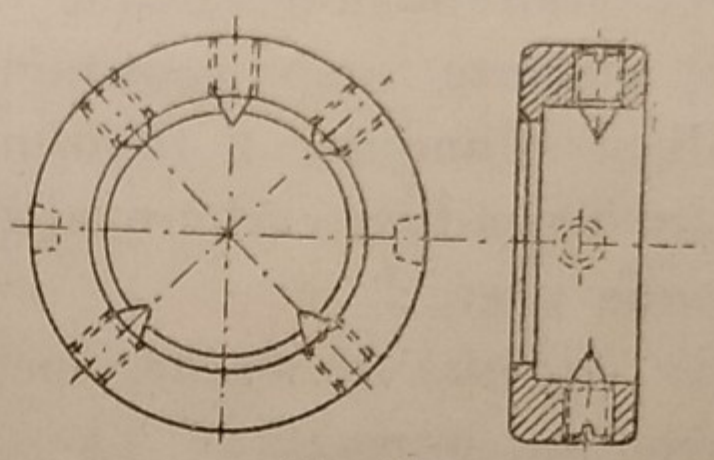


Fig. 166.

I *maschi* (fig. 167) sono tondini a testa quadra col corpo filettato a vite. *La filettatura è interrotta nel senso dell'asse da tre o da quattro scanalature.* Si manovrano come le filiere,

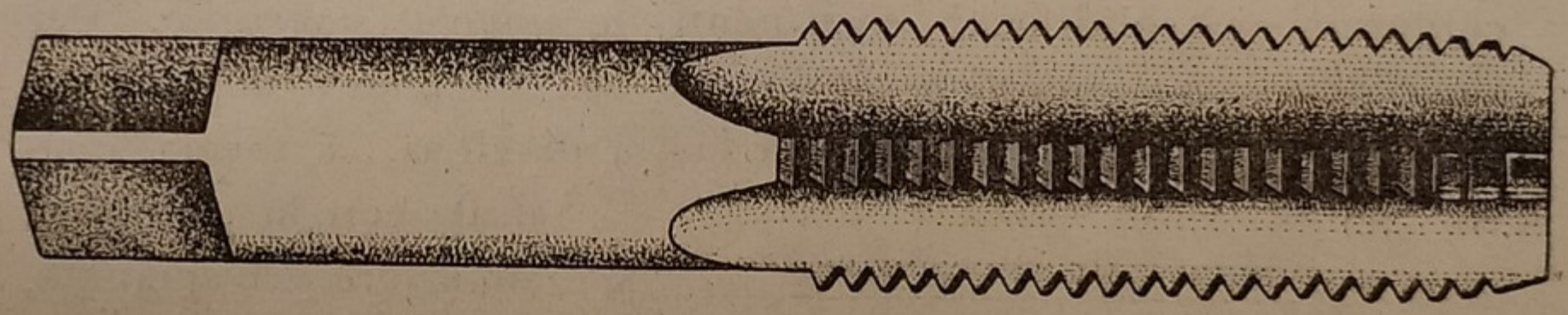


Fig. 167.

dopo averne introdotto la testa nel foro quadro di un *giramaschi* (piastra a fori fissi, o a cuscinetti intagliati ad angolo retto e regolabili secondo la grandezza della testa del maschio, munita di due manici). Per eseguire una filettatura si usa generalmente una serie di tre maschi:

1° - *sbozzatore*: conico per tutta la sua lunghezza;

2° - *intermedio*: conico solo all'estremità;

3° - *finitore*: interamente cilindrico.

Il diametro del foro da filettare deve essere maggiore del diametro del fondo filetto del maschio.

Smerigliatura. È l'operazione con cui si rettifica e si lucida la superficie di un pezzo già finito completamente alla lima e raschiato. Si fa mediante le cosiddette polveri *abrasive*,

che sono polveri formate di grani duri e taglienti di varia grandezza. Si ottengono facendo passare attraverso una serie di stacci ed in ultimo facendo depositare nell'acqua la polvere ottenuta frantumando alcune sostanze naturali o artificiali. Queste sostanze sono: *corindone* e *smeriglio* che sono ossidi naturali d'alluminio, l'*alundum* ossido artificiale d'alluminio ed il *carborundum* carburo artificiale di silicio. Queste polveri si possono usare:

1° - *sciolte e secche*, mediante uno straccio con cui si strofinano sul pezzo;

2° - *attaccate con colla forte alla tela* (tela smeriglio), strofinando la tela sul pezzo direttamente o per mezzo di un pezzo di legno;

3° - *sciolte ed umide*, mediante lo straccio o meglio mediante il *piano di rettifica*.

Finalmente si possono anche usare sotto forma di impasti compressi e solidificati costituenti le *pietre smeriglio*. Per smerigliare una superficie piana si usa il piano di rettifica (fig. 168). È questo una robusta lastra di ghisa, a forma quadrata con la superficie superiore ben spianata, e lavorata con approssimazione superiore al centesimo di mm. Tale piano è solcato da righe sottili che incrociandosi formano una specie di scacchiera, ed è fissato inferiormente (mediante incastri a coda di rondine) ad una robusta base di legno.

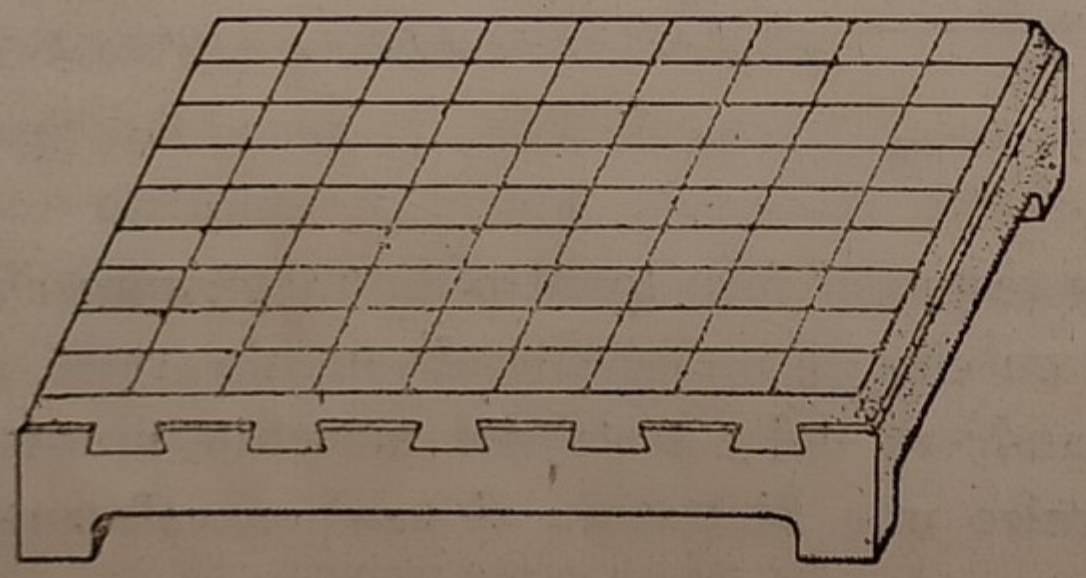


Fig. 168.

Il piano, reso superficialmente abrasivo collo stendervi sopra uniformemente (mediante un parallelepipedo d'acciaio levigato) un leggero strato di *spoltiglio* (smeriglio fine) stemprato nel petrolio, conservato asciutto e coperto con un coperchio di legno, serve per parecchio tempo. Quando si deve usarlo, si inumidisce con un po' di petrolio e poi vi si

striscia sopra, a lieve pressione, facendola girare e scorrere su tutto il piano, la superficie del pezzo da smerigliare. La smerigliatura è finita quando la superficie del pezzo ha una tinta smorta uniforme. Le pietre smeriglio si usano soprattutto per smerigliare superfici di pezzi temperati e, quando si vuole una lavorazione più fine, si ricorre alle *pietre d' India*, molto dure e di finissima grana.

§ 44. - Tolleranze di lavorazione.

Nella lavorazione in serie si producono numerosi esemplari della stessa macchina; le varie parti che la costituiscono vengono anch' esse prodotte in gran numero e devono potersi montare senza inconvenienti, cioè senza bisogno di lavoro di adattamento.

Due pezzi che devono accoppiarsi prendono il nome di *accoppiamento* (ad es. pistone e cilindro, albero e mozzo di una puleggia, vite e dado, ecc.) e si può pensare che ogni accoppiamento è costituito da un albero e da un foro.

***Accoppiamento** è la designazione generica di due pezzi uno interno e l' altro esterno.*

Volendo, ad es., produrre in serie 1000 accoppiamenti conviene:

1° - costruire 1000 alberi e 1000 fori;

2° - prendere un albero qualsiasi, tra i 1000 costruiti, e introdurlo in un foro qualsiasi. Questa operazione va ripetuta 1000 volte.

Supponiamo di volere l' albero del diametro di 80 mm. ed il foro di diametro maggiore, ad es. di 80,03 mm. almeno, in modo che l'albero possa muoversi liberamente nel foro (accoppiamento mobile).

Se le macchine potessero costruire tutti gli alberi esattamente dello stesso diametro di 80 mm., senza mai sbagliare neppure di un micron o di una frazione di micron, e tutti i fori con la stessa assoluta precisione, si avrebbe la certezza di

montare i 1000 accoppiamenti senza alcun inconveniente perchè qualsiasi albero potrebbe accoppiarsi con qualsiasi foro dando un accoppiamento con le caratteristiche richieste: i pezzi costruiti sarebbero *intercambiabili.*

Poichè nessuna macchina può lavorare con tale precisione da evitare anche il più piccolo errore, determiniamo, con l'approssimazione consentita dallo strumento di misura disponibile, il diametro di ciascun albero (dimensione effettiva).

***La dimensione effettiva** è quella che risulta effettivamente realizzata nell' esecuzione di un pezzo.*

§ 45. - Albero.

Dall' esame delle 1000 dimensioni effettive degli alberi potrà, ad es., risultare:

1. - che l'albero più grande ha il diametro di 80,03 mm.
2. - » » » piccolo » » » » 79,92 mm.

In ogni caso risulterà:

a) che nessun albero ha il diametro esattamente di 80 mm.[1]) (dimensione nominale) ma tutti hanno diametro poco diverso da 80 mm.;

b) che, a rigore, non vi sono due alberi che abbiano esattamente lo stesso diametro (se si misurano con uno strumento avente approssimazione sufficientemente elevata).

La differenza tra il diametro dell' albero più grande e quello dell' albero più piccolo risulta:

80,03 mm. — 79,92 mm. = 0,11 mm.

Poichè questa differenza appare piuttosto forte per ottenere accoppiamenti con le caratteristiche che desideriamo gettiamo tra gli scarti di lavorazione tutti gli alberi che hanno diametro maggiore di 80,01 mm. e tutti quelli che hanno diametro mi-

---

[1]) Se la misura del diametro di un albero risultasse di 80,00 mm. basterebbe misurarlo di nuovo con uno strumento capace di una maggiore approssimazione (si potrebbe, ad es., ottenere: 80,0017 mm.). Ripetendo il ragionamento si conclude che nessuna dimensione si può realizzare con assoluta esattezza.

nore di 79,94 mm. (alberi rifiutati al collaudo)[1]). Gli alberi accettati al collaudo avranno quindi:

dimensione massima *ammissibile* 80,01 mm.

» minima » 79,94 mm.

La differenza tra queste due dimensioni risulta:

80,01 mm. — 79,94 mm. = 0,07 mm. (tolleranza di lavorazione dell' albero).

***La tolleranza t**, ossia la inesattezza ammissibile di fabbricazione, è la differenza tra il valore massimo ed il valore minimo ammessi per una stessa dimensione* (fig. 169).

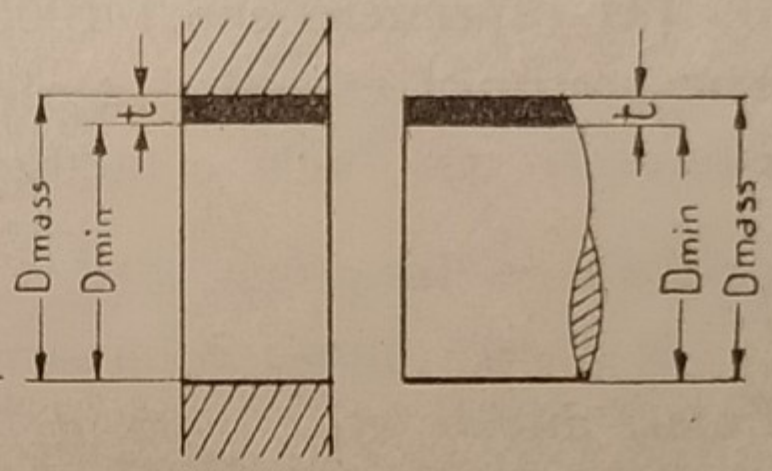


Fig. 169.

L'albero più grande, secondo l'esempio trattato, potrà superare 80 mm. (dimensione nominale) di 0,01 mm. al massimo mentre quello di diametro più piccolo potrà risultare inferiore a 80 mm. di 0,06 mm. al massimo.

***La dimensione nominale** è il valore indicato per una data dimensione.* Il diametro effettivo di un albero potrà quindi *scostarsi* dalla dimensione nominale di 0,01 mm. in più o di 0,06 mm. in meno: i valori 0,01 e 0,06 si chiamano *scostamenti*.

Allo scostamento in più si attribuisce il segno + a quello in meno si attribuisce il segno — (scostamenti: + 0,01 e — 0,06).

***Scostamento superiore Ss** è la differenza tra la dimensione massima ammissibile e la dimensione nominale* (fig. 170).

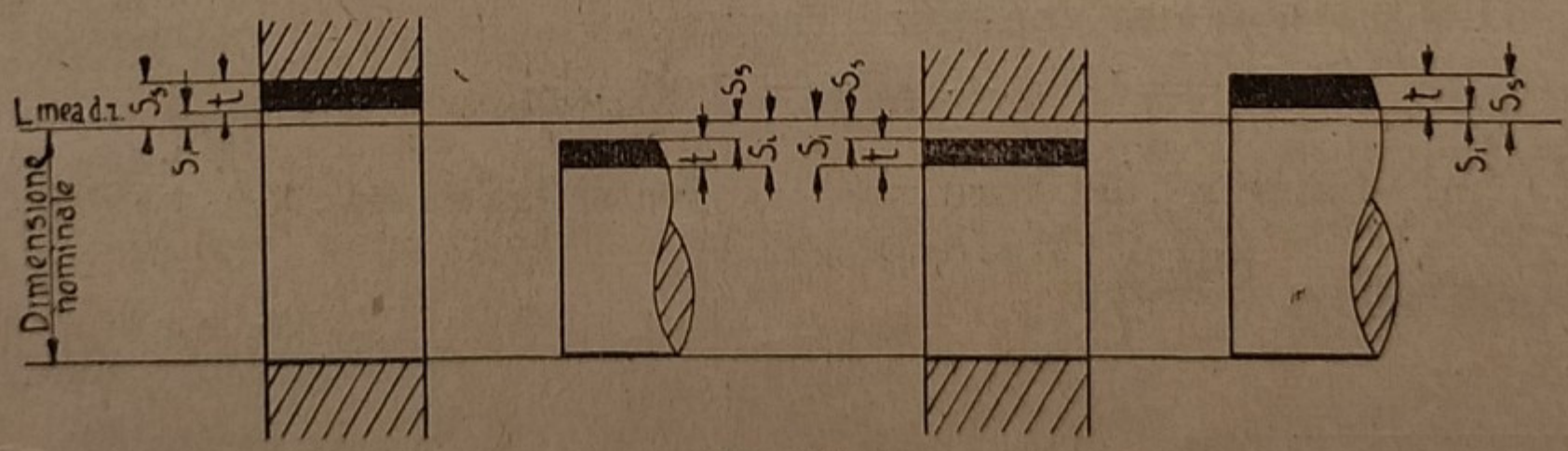


Fig. 170.

[1]) Gli alberi che hanno diametro maggiore di 80,01 mm. potranno essere ripassati e sottoposti di nuovo al collaudo.

Scostamento inferiore Si è la differenza tra la dimensione minima ammissibile e la dimensione nominale (fig. 170).

La linea che nella figura corrisponde a 80 mm., ossia alla dimensione nominale, si chiama linea dello zero.

Si ha quindi:

scostamento superiore $Ss = +0{,}01$

» inferiore $Si = -0{,}06$ [1]).

Per esprimere che i 1000 alberi (quelli rifiutati devono essere sostituiti con altri accettabili al collaudo) hanno diametri compresi tra 79,94 e 80,01 mm. si può scrivere sul diametro dell' albero la quota: $80\ ^{+0{,}01}_{-0{,}06}$

A questo punto è opportuno osservare che se avessimo rifiutati anche gli alberi di diametro maggiore di 80 mm. e quelli di diametro minore di 79,98 mm. si sarebbe realizzata la tolleranza:

$t = 80 - 79{,}98 = 0{,}02$ mm. minore di quella precedente. Dunque fissando una tolleranza più piccola migliora l' accoppiamento ma aumenta il costo di produzione perchè o aumentano gli scarti al collaudo oppure è necessaria una lavorazione più precisa ed accurata.

§ 46. - Foro.

Per il foro, invece di ripetere le considerazioni già svolte, fissiamo lo scostamento inferiore e la tolleranza. Poniamo:

$Si = +0{,}03 \qquad t = 0{,}03.$

Lo scostamento superiore risulta:

$Ss = Si + t = 0{,}03 + 0{,}03 = 0{,}06$ mm.

Sul diametro del foro può scriversi la quota: $80\ ^{+0{,}06}_{+0{,}03}$

$\left(\text{mai } 80{,}03\ ^{+0{,}03}_{0}\right)$

---

[1]) Dalla fig. 170 si ottiene la seguente relazione tra scostamenti e tolleranza:

Scostamento inferiore + tolleranza = Scostamento superiore ossia $Si + t = Ss$

Si osservi che la dimensione nominale del foro è di 80 mm. ma noi non desideriamo ottenere fori della dimensione effettiva di 80 mm. o il più possibile prossima a 80 mm. I fori richiesti hanno infatti diametro compreso tra 80,03 e 80,06 mm. poichè, come si è già detto, desideriamo che il foro abbia diametro maggiore dell' albero di almeno 3 centesimi di mm. Il campo di tolleranza del foro è quindi scostato dalla linea dello zero di + 0,03 mm. per ottenere l' accoppiamento mobile con il giuoco desiderato (fig. 171).

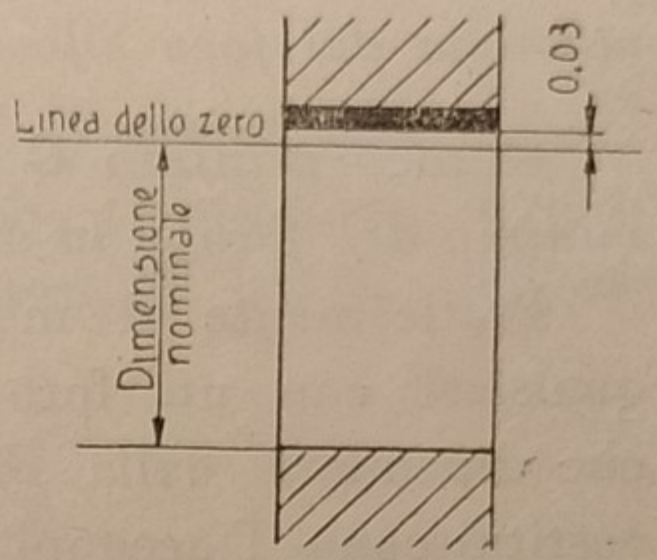


Fig. 171.

La dimensione effettiva si scosta da quella nominale sia per l'inevitabile inesattezza di esecuzione sia per soddisfare alle varie esigenze degli accoppiamenti o delle lavorazioni.

§ 47. - Accoppiamento mobile.

Per ottenere i 1000 accoppiamenti montiamo gli alberi di diametro compreso tra 79,98 e 80 mm. con i fori di diametro compreso tra 80,03 e 80,06 mm.

Il montaggio risulta agevole perchè anche l' albero più grande è minore del foro più piccolo: tra le due parti rimane quindi un certo spazio (giuoco) che consente il movimento e può contenere il lubrificante.

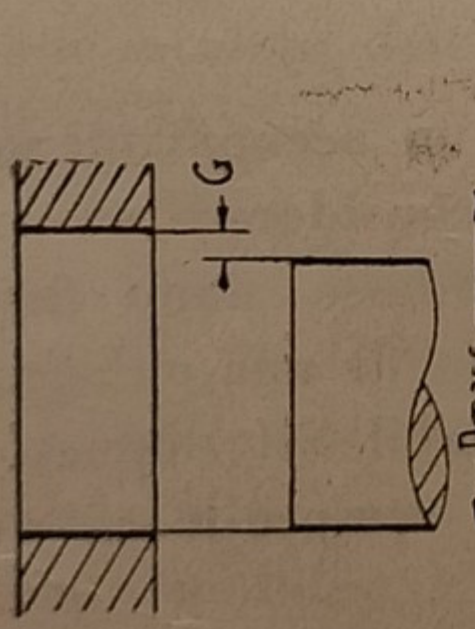


Fig. 172.

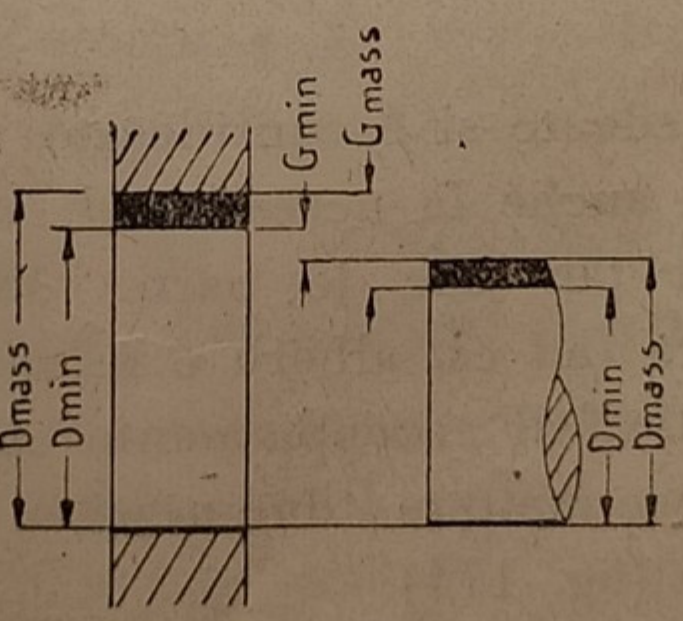


Fig. 173.

Giuoco G (fig. 172) *è la differenza tra il diametro effettivo del foro e quello effettivo dell' albero, quando il primo è maggiore del secondo.*

Supponiamo di montare il foro più grande con l'albero più piccolo: si otterrà il giuoco massimo: $G\ mass = 80{,}06 - 79{,}98 = 0{,}08$ mm.

Se invece supponiamo di montare il foro più piccolo con

l'albero più grande si avrà il giuoco minimo: G min $= 80{,}03 - 80 = 0{,}03$ mm.

Giuoco massimo G mass *è la differenza tra la dimensione massima del foro e la dimensione minima dell'albero* (fig. 173).

Giuoco minimo G min *è la differenza tra la dimensione minima del foro e la dimensione massima dell'albero* (fig. 173).

Praticamente il montaggio si effettua unendo un albero qualsiasi con un foro qualsiasi: si avrà quindi un giuoco G che dipenderà dalla dimensione effettiva dei due pezzi che costituiscono l'accoppiamento considerato. Il giuoco di ogni accoppiamento sarà sempre compreso tra quello minimo di 0,03 mm. e quello massimo di 0,08 mm.

Poichè il giuoco ottenuto è proprio quello che si voleva realizzare si può concludere affermando che costruendo i due elementi dell'accoppiamento entro le tolleranze prestabilite abbiamo ottenuta l'intercambiabilità dei pezzi prodotti in serie: e questo è appunto lo scopo del sistema di tolleranze.

§ 48. - Accoppiamento stabile.

Nell'esempio precedente si è considerato un accoppiamento mobile ma si verifica anche la necessità di considerare accoppiamenti stabili, ossia tali che le parti connesse siano fisse l'una rispetto all'altra (ad es. albero e mozzo di una puleggia solidale con l'albero). Nell'accoppiamento stabile il diametro dell'albero, prima di connettere i due pezzi, è sempre maggiore del diametro del foro (fig. 174).

Se i due elementi dell'accoppiamento hanno la stessa temperatura l'albero sarà forzato nel foro. Questo forzamento o serraggio si può realizzare mediante l'azione del calore in modo da ampliare il foro e ridurre il diametro dell'albero.

Un accoppiamento stabile può, ad es., ottenersi montando alberi di diametro compreso tra 79,98 e 80 mm. con fori di

diametro compreso tra 79,94 e 79,97 mm. $\left(\text{alberi } 80\,{}^{0}_{-0,02}\right.$ fori $\left.80\,{}^{-0,03}_{-0,06}\right)$

***Interferenza I** è la differenza tra il diametro effettivo del foro e quello effettivo dell'albero quando, prima di connettere i due pezzi, il diametro del foro è minore di quello dell'albero* (fig. 174).

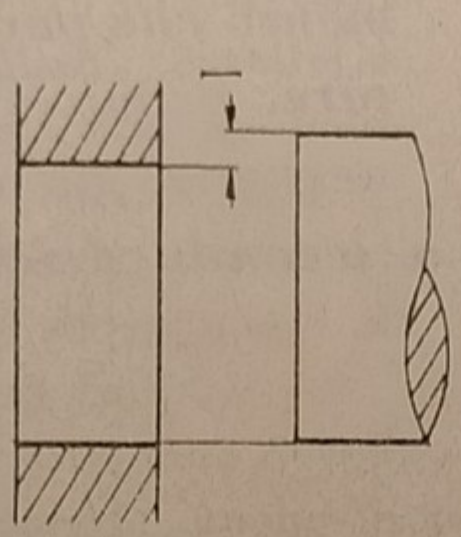


Fig. 174.

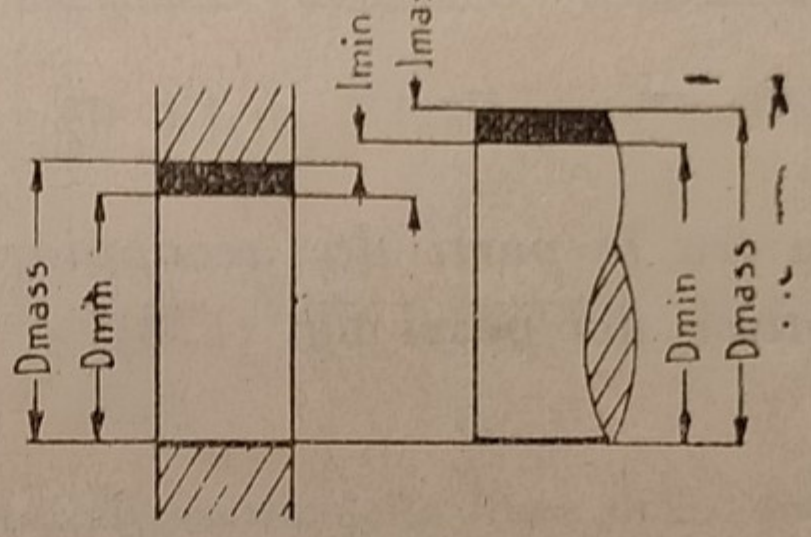


Fig. 175.

***Interferenza massima I mass** è la differenza tra la dimensione massima dell'albero e la dimensione minima del foro* (fig. 175).

***Interferenza minima I min** è la differenza tra la dimensione minima dell'albero e la dimensione massima del foro* (fig. 175).

Si ha:

$$I\ mass = 80 \quad - 79{,}94 = 0{,}06 \text{ mm.}$$
$$I\ min = 79{,}98 - 79{,}97 = 0{,}01$$

È evidente che l'interferenza caratterizza l'accoppiamento stabile allo stesso modo che il giuoco caratterizza l'accoppiamento mobile.

***Accoppiamento** è la designazione generica della connessione di due pezzi uno interno e l'altro esterno; esso è caratterizzato dal suo giuoco o dalla sua interferenza.*

***Accoppiamento mobile** è l'accoppiamento che presenta sempre un giuoco tra le parti connesse le quali pertanto sono mobili l'una rispetto all'altra* (fig. 176).

Accoppiamento stabile *è l'accoppiamento che presenta sempre, prima della connessione, una interferenza tra le parti da accoppiare le quali, a connessione avvenuta, aderiscono più o meno fortemente fra di loro* (fig. 177).

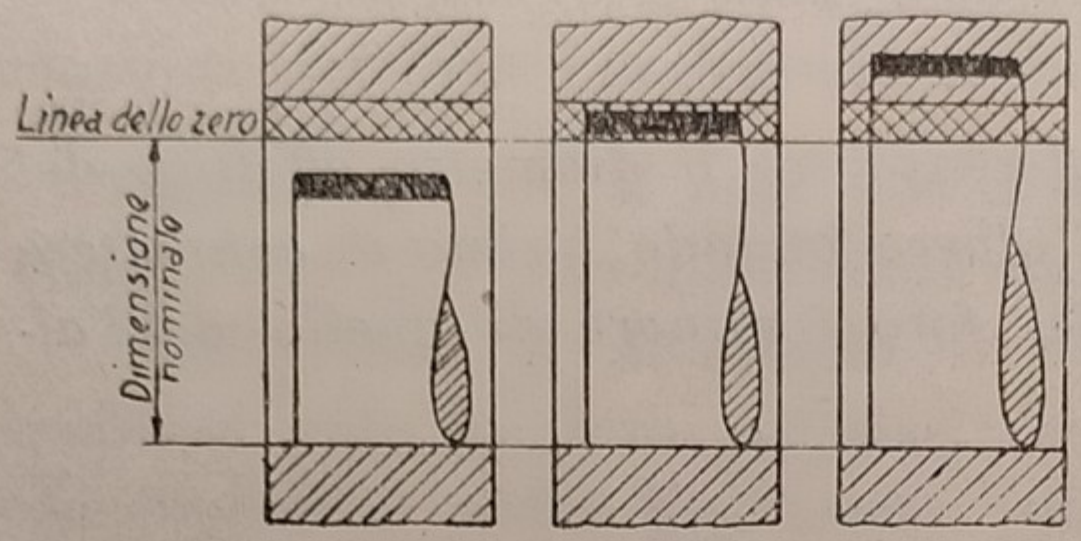


Fig. 176. Fig 177. Fig. 178.

Accoppiamento incerto *è l'accoppiamento che può presentare, prima della connessione, giuoco o interferenza fra le parti da accoppiare a seconda delle dimensioni effettive dei pezzi* fig. (178).

§ 49. - Cenno sul sistema di tolleranze UNIM.

La lavorazione dei pezzi può essere più o meno precisa ed accurata a seconda delle condizioni di funzionamento, della qualità del prodotto, ecc.

Il sistema UNIM considera quattro gradi di precisione o qualità di lavorazione: extrapreciso (e), preciso (p), medio (m) e grossolano (g).

La tolleranza da assegnarsi ad un pezzo varia:

1° - *a seconda della qualità di lavorazione.* Ad es. ad un albero del diametro nominale di 70 mm. si assegnano le tolleranze: extrapreciso 0,015 mm.; preciso 0,020 mm.; medio 0,060 mm.; grossolano 0,200 mm.

2° - *al variare della dimensione nominale.* Si ha ad es.:

alb. preciso avente $D =$ 70 mm. toll. $=$ 0,020 mm. (valida anche per alb. di diam. sopra 50 - 80)
» » » $D =$ 140 » » $=$ 0,025 » (» » » » » » 120 - 180)
» » » $D =$ 280 » » $=$ 0,035 » (» » » » » » 260 - 360)

Si osservi che ad una notevole variazione del diametro corrisponde una variazione assai piccola della tolleranza.

Così la toll. 0,020 mm. assegnata all'albero preciso di diam. 70 mm. si assegna anche agli alberi sopra 50 a 80 mm.; per gli alberi maggiori di 80 fino a 120 mm. si assegna la toll. 0,022 mm., ecc. *In tal modo la toll. varia per gruppi di dimensioni.*

La toll. da assegnare ad un pezzo in relazione alla sua dimensione si calcola mediante la formula dell'unità di tolleranza ($1\ UT = 0{,}005\ \sqrt[3]{D}$)

Accoppiamenti. Il sistema UNI considera soltanto accoppiam. *mobili* [1]) e *stabili* [2]).

I diversi accoppiam. si ottengono spostando il campo di toll. rispetto alla linea dello zero. Al n. 46 si è visto che il campo di toll. del foro (da accoppiare con gli alberi $80\ ^{0}_{-0,02}$) era scostato di $+0,03$ mm. dalla linea dello zero (fig. 179-I). A tale posizione del campo di toll. del foro corrisponde, per il grado preciso, l'accoppiam. libero normale *(p L N)*. Alla posizione II del campo di toll. del foro corrisponde un accoppiam. caratterizzato da una minore mobilità: libero stretto *(p L S)*; alla posizione III corrisponde l'accoppiam. di scorrimento *(p S C)*.

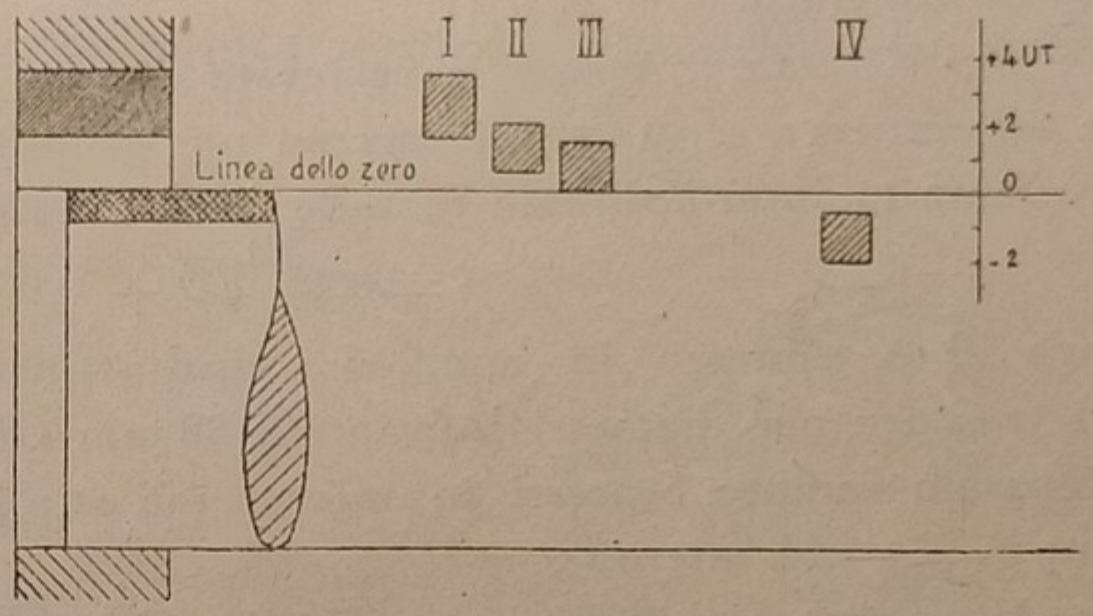


Fig. 179.

Se poi il campo di toll. del foro scende, anche in parte, al disotto della linea dello zero [3]) si ottengono gli accoppiamenti stabili (ad es .IV bloccato serrato *p B S)*.

I diversi tipi di accoppiamenti sono stati ottenuti variando la posizione della toll. del foro rispetto ad una posizione costante della toll. dell'albero: essi costituiscono un sistema di accoppiamenti *albero base.*

Il sistema di accoppiamenti *foro base* è invece un sistema nel quale i vari tipi di accoppiamenti sono ottenuti variando, per ogni tipo di accoppiamento, la posizione della toll. dell'albero rispetto ad una posizione costante della toll. del foro (fig. 176-177-178).

Nel sistema albero base è nullo lo scostam. superiore dell'albero e nel sistema foro base è nullo lo scostam. inferiore del foro.

Il sistema di tolleranze UNIM è stato sostituito dal sistema di tolleranze ISA.

---

[1]) Per il grado preciso si hanno i seguenti accoppiamenti mobili: libero amplissimo *(p L A)*, l. largo *(p LL)*, l. normale *(p L N)*, l. stretto *(p L S)*, di scorrimento *(p S C)*.

[2]) Per il grado preciso si hanno i seguenti accoppiamenti stabili: di spinta *(p S P)*, bloccato leggero *(p B L)*, b. normale *(p B N)*, b. serrato *(p B S)*, b. alla pressa *(p B P)*.

[3]) Si ricordi che il sistema di tolleranze UNIM non considera gli accoppiamenti incerti (che rientrano negli accoppiamenti stabili).

§ 50. - Cenno sul sistema di tolleranze ISA.

Le dimensioni di un pezzo, a cagione della dilatazione termica, dipendono dalla temperatura: tutte le misure debbono effettuarsi e 20° (temperatura di riferimento).

Nel sistema ISA sono considerate dimensioni nominali da 1 a 500 mm. e tolleranze e scostamenti variano per gruppi di dimensioni.

L'unità internazionale di tolleranza è data dalla relazione

$$i = 0{,}45\ \sqrt[3]{D} + 0{,}001\ D$$

ove D è espresso in mm. ed i risulta in micron (il termine $0{,}001\ D$ si trascura per diametri inferiori a 80 mm). Le tolleranze e gli scostamenti vengono sempre espressi in micron (ad es.: invece di $Si = -0{,}020$ mm. si ha $Si = -20$ micron).

Il sistema stabilisce *16 gradi di tolleranza* o qualità di lavorazione designati, dalla lavorazione più precisa alla meno precisa, con $IT1$ a $IT16$.

A scopo di sommario orientamento si può ritenere che le qualità da 1 a 4 si usano per lavorazione di calibri, le qualità 5 e 6 corrispondono al grado extrapreciso, 7 e 8 al grado preciso, 9 e 10 medio, 11 grossolano e da 11 in poi si usano per lavorazioni grossolane di pezzi isolati.

La posizione del campo di toll. è sempre riferita alla linea dello zero è definita da uno degli scostamenti (*Si* oppure *Ss*) detto scostamento di riferimento. La posizione del campo di toll. è designata con lettere alfabetiche maiuscole per i fori e minuscole per gli alberi. Nella fig. 179 alle posizioni I II III IV del campo di toll. del foro corrispondono (circa) rispettivamente le lettere F, G, H, N e alla posizione del campo di toll. dell' albero corrisponde la lettera h.

In tal modo un campo di toll. è definito in posizione e grandezza dalla lettera che ne caratterizza la posizione e dal numero che ne precisa la qualità. Es.: $F\,7$, $G\,7$, $H\,7$, $h\,6$.

Nel designare un accoppiamento si indicherà sempre dapprima il foro e poi l' albero. Es.: $F\,7 - h\,6$ (per la dimensione nom. di 80 mm. si ha: foro $Ss = +60$, $Si = +30$; albero $Ss = 0$, $Si = -19$).

Accoppiamenti (vedi definizioni al n. 48). Il sistema consente un libero accoppiamento di alberi e fori ma generalmente ci si attiene al sistema foro base (foro contrassegnato dalla lettera H) o albero base (albero contrassegnato dalla lettera h). Accoppiando i diversi fori con l' albero h ed i vari alberi col foro H si ottengono accoppiamenti mobili, incerti e stabili.

§ 51. - Calibri fissi differenziali.

Quando si producono in serie alberi aventi dimensioni effettive comprese, ad es., tra 79,98 e 80 mm. $\left(80 \, ^{0}_{-0,02} \right)$ si costruisce un calibro a forchetta doppio (fig. 180) che realizza queste due dimensioni.

Quindi un albero che ha, ad es., la dim. effettiva di 79,99 passa attraverso la forchetta con apertura di 80 mm. e non passa attraverso la forchetta con apertura di 79,98 mm. Nelle stesse condizioni si trovano tutti gli alberi che hanno diametro compreso tra i valori anzidetti.

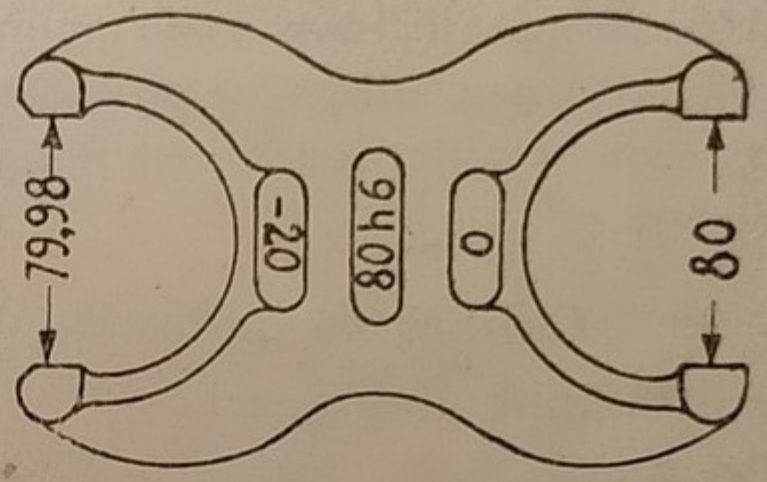


Fig. 180.

I calibri fissi differenziali per alberi devono quindi presentare:
- un lato *non passa* per il controllo della dimen. minima dell'albero
- un lato *passa* » » » » » massima dell'albero

Al collaudo gli alberi che passano attraverso il lato *non passa* del calibro vengono rifiutati perchè hanno dimensione effettiva minore di quella minima ammessa; quelli che non passano attraverso il lato *passa* vengono rifiutati perchè hanno dimensione effettiva maggiore di quella massima ammessa.

Analogamente i calibri fissi differenziali per fori (ad es. calibro a tampone) devono presentare:
- un lato *non passa* per il controllo della dimen. massima del foro
- un lato *passa* » » » » » minima del foro

In pratica le dimensioni di misura del calibro non si possono realizzare esattamente per le seguenti ragioni:

1° - anche per i calibri è necessario ammettere una tolleranza di lavorazione;

2° - il calibro è soggetto a logoramento del lato passa in seguito all' uso;

3° - ogni misura è affetta da un errore (di cui si tiene conto solo per dimensioni superiori a 180 mm.).

I calibri fissi in base al loro impiego si distinguono in:

1° - calibri *di lavorazione*, quelli normalmente impiegati per la verifica delle dimensioni dei pezzi;

2° - calibri *di riscontro* (o riscontri), quelli normalmente impiegati per i controlli, iniziali e periodici, delle dimensioni dei calibri di lavorazione.

Esempio: Per un calibro differenziale a forchetta si adoperano i seguenti riscontri:

Riscontro per calibro non passa.
Riscontro per calibro passa nuovo.
Riscontro per calibro passa logoro.

A secondo delle dimensioni il riscontro può essere a tampone, a disco, a barretta.

3° - Calibri *di collaudo*, quelli normalmente impiegati per l'accettazione dei pezzi.

Come calibri di collaudo si usano generalmente calibri che sono stati prima adoperati in officina: in tal modo il controllo esercitato in officina è più rigoroso di quello esercitato al collaudo.

Le superfici di controllo dei calibri sono sottoposte a particolari trattamenti di indurimento (v. trattamenti termici).

Talvolta i calibri sono muniti di impugnatura coibente per impedire che il calore della mano alteri la dimensione di misura.

§ 52. - Comparatori.

Sono strumenti che danno la differenza tra la dimensione di un pezzo e quella di un altro, preso come campione (gruppo di blocchetti pianparalleli). Lo strumento, fissato ad un sostegno, tocca con l'estremità di un'asta la superficie da verificare; muovendo la superficie si provocano spostamenti dell'asta che vengono amplificati e trasmessi ad un indice ruotante.

Vi sono comparatori con amplificazione a leva, a ruotismi, ottica, ecc.

Comparatore centesimale ad orologio (fig. 181). L'amplificazione del movimento dell'asta è ottenuta per mezzo di

ruotismi. Quando l'asta si sposta di 1 mm. l'indice compie un giro completo su un quadrante diviso in 100 parti uguali: ad ogni graduazione corrisponde quindi un centesimo di mm.

I principali usi del comparatore sono:

1° - *controllo di spessore*. Si monta l'apparecchio sul suo supporto e si realizza la quota da controllare (fig. 182) mediante blocchetti pianparalleli. Dopo aver fatto coincidere la lancetta con lo zero della scala (girando il quadrante) si sostituisce al gruppo di blocchetti il pezzo da controllare;

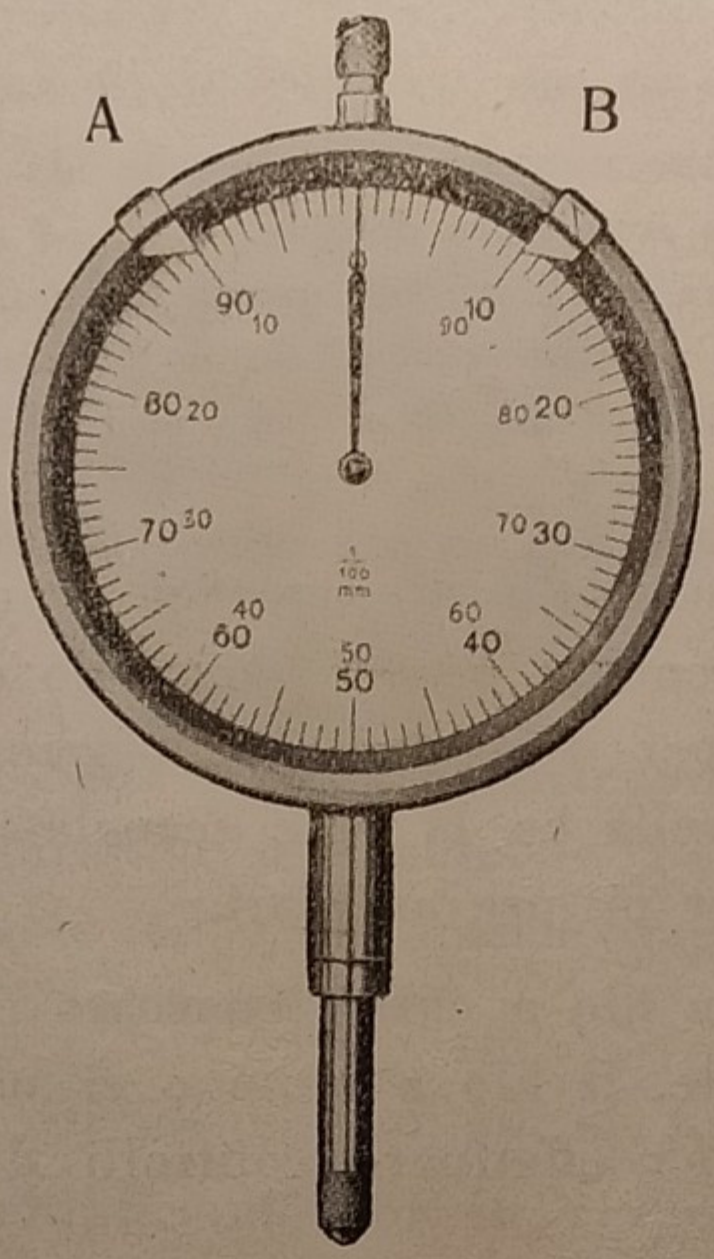


Fig. 181.

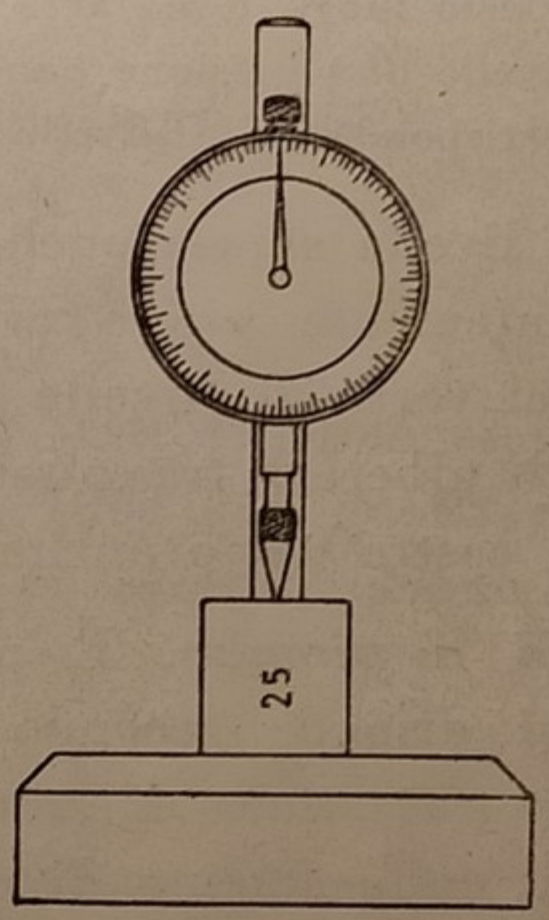


Fig. 182.

2° - *controllo della planarità* (vedi laboratorio tecnologico);

3° - *controllo di macchine utensili*;

4° - *controllo della cilindricità*, ecc.

§ 53. - Livella e filo a piombo.

Livella. Serve per controllare la posizione orizzontale di una superficie piana, di un albero di trasmissione, ecc.

La livella è essenzialmente costituita da un tubo chiuso ad asse curvilineo, riempito di liquido in modo che vi resti una

bolla d'aria. Il tubo di vetro è contenuto in un astuccio metallico che lascia scoperta la parte centrale graduata del tubo

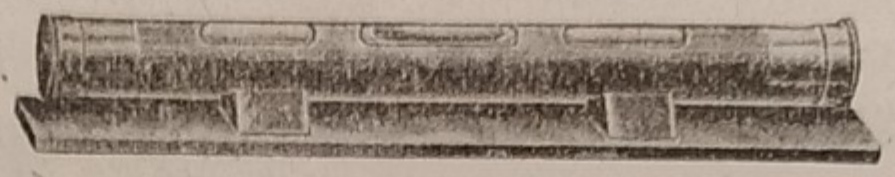


Fig. 183.

stesso (fig. 183). Quando la bolla è centrata il piano di appoggio della livella è orizzontale.

Le livelle che si usano in officina hanno una graduazione che dà il dislivello in mm. riferito ad un piano della lunghezza di 1 m.

Se, ad es., la bolla risulta spostata di una graduazione il piano di appoggio, supposto lungo 1 m, avrà agli estremi un dislivello, ad es., di 0,1 mm.

Le livelle di precisione hanno una sensibilità maggiore (ad una graduazione corrisponde un dislivello $0{,}01 \div 0{,}02$ mm.).

La livella si usa anche per il controllo di superfici piane sufficientemente estese (v. labor. tecnol.), per il controllo di superfici verticali (livelle a telaio), per il controllo di orizzontalità di alberi di trasmissione (la livella ha la base scanalata), ecc. Si costruiscono anche livelle per misure angolari.

Filo a piombo. È noto che un filo a cui è attaccato un peso si dispone secondo la verticale. Il filo a piombo si usa per la tracciatura di grossi pezzi, per effettuare controlli durante il collocamento di macchine, ecc.

§ 54. - Numeri normali [1]).

Quando si vuole costruire un oggetto qualsiasi si devono *scegliere* i valori numerici da assegnare alle sue dimensioni [2]).

Secondo l'uso a cui l'oggetto è destinato esigenze di carat-

---

[1]) Non sono menzionati nel programma.

[2]) Qualche volta le dimensioni sono già fissate e manca ogni possibilità di scelta (ad es. quando si deve costruire un pezzo di una macchina da sostituire a quello vecchio guasto o logoro). Si ricorre ai numeri normali soltanto quando c'è, entro certi limiti, la possibilità di scegliere.

tere pratico ci orientano sui valori da attribuire a queste dimensioni.

Se, ad es., sappiamo che un diametro deve essere di una quarantina di mm. possiamo scegliere a piacer nostro tra i valori 38, 39, 40, 41 che possono soddisfare egualmente bene alle nostre esigenze. Piuttosto che fare ad arbitrio la scelta fra i valori precedenti sarebbe però opportuno avere a nostra disposizione una successione di numeri da preferire (numeri normali o di Renard) che fosse universalmente adottata.

La scelta della successione dei numeri normali è stata fatta in base a criteri logici senza tener conto delle preferenze che generalmente si hanno per i numeri pari, per quelli che finiscono con zero o con cinque, ecc.

Consideriamo, ad es., i seguenti cinque numeri normali consecutivi della stessa serie denominata R 5 :

10 16 25 40 63

Altri numeri appartenenti a questa serie si ottengono moltiplicando o dividendo per 10, 100, 1000 ecc. questi cinque valori (ed è per questa ragione che la serie si chiama R 5 : R = Renard).

Dividendo per 10 si ha : 1 1,6 2,5 4 6,3 ;
moltiplicando per 10 si ha : 100 160 250 400 630.

Mettendo in ordine di grandezza questi numeri ed i precedenti si ottiene :

.... 1 1,6 2,5 4 6,3 10 16 25 40 63
100 160 250 400 630 ....

Procedendo analogamente con 100, 1000, 10000 ecc. si possono determinare tanti termini della R 5 quanti se ne vogliono.

Si voglia ad es., il numero della serie R 5 più prossimo a 17420. Immaginando di moltiplicare per 1000 i cinque termini della serie R 5 si vede subito che il numero richiesto è 16000.

Sostituendo al numero 17420 il numero 16000 si commette un errore in meno pari a 1420 che potrebbe provocare gravi inconvenienti : è quindi preferibile determinare un numero da inserire tra il 16 e 25 o, ciò che

è lo stesso, tra 16000 e 25000 che ci consenta la sostituzione con un errore più piccolo [1]).

Ma se si inserisce un numero tra 16 e 25 per la stessa ragione se ne dovranno inserire altri quattro rispettivamente tra 10 e 16, tra 25 e 40, tra 40 e 63 e, infine, tra 63 e 100.

Si passa in tal modo ad una serie di valori ad intervalli più fitti denominata serie R 10:

10 12,5 16 20 25 31,5 40 50 63 80

Abbiamo ora disposizione la serie R 5 e la R 10: la prima ha valori ad intervalli più radi che devono però essere preferiti ai valori della serie R 10.

Il numero della R 10 più prossimo a 17420 è ancora 16000; passiamo quindi ad una serie R 20 ad intervalli più fitti della R 10:

10 11,2 12,5 14 16 18 20 28 31,5 35,5 40 45 50 56 63 71 80 90

Il numero della R 20 più prossimo a 17420 è 18000 e la sostituzione comporta un errore in più pari a 580.

Concludendo si ha che dovendo scegliere un valore numerico da assegnare ad una grandezza qualsiasi (lunghezze, superfici, volumi, numeri di giri, velocità, potenze, pressioni, ecc.) *si deve ricorrere ai numeri normali che dovranno essere scelti anzitutto* (vedi tabella numeri normali) *nella serie R 5, ove non sia possibile nella R 10, quindi nella R 20 e infine nella R 40.*

In sostanza con l'adozione dei numeri normali, quando occorrono numeri compresi, ad esempio, tra 10 e 100 (escluso), invece di scegliere liberamente tra 90 numeri interi e infiniti numeri decimali se ne devono usare soltanto cinque (se si usa la serie R 5), oppure 10, oppure 20, oppure 40 (rispettivamente per le serie R 10, R 20, R 40).

Invece di adoperare indifferentemente tutti i numeri se ne debbono usare solo alcuni, detti numeri normali, lasciando da parte tutti gli altri.

---

[1]) Questo numero potrebbe essere la media aritmetica tra 16 e 25 (cioè $\frac{16+25}{2} = 20{,}5$) ma considerazioni che non è il caso di sviluppare portano invece a concludere che il numero cercato è la media geometrica tra 16 e 25 — La media geometrica di due numeri si ottiene estraendo la radice quadrata del loro prodotto — Si ha quindi:

$$\sqrt{16 \times 25} = \sqrt{16} \times \sqrt{25} = 4 \times 5 = 20$$

Numeri normali (da 10 a 100)			
Serie R 5	Serie R 10	Serie R 20	Serie R 40
10	10	10	10
			10,6
		11,2	11,2
			11,8
	12,5	12,5	12,5
			13,2
		14	14
			15
16	16	16	16
			17
		18	18
			19
	20	20	20
			21,2
		22,4	22,4
			23,6
25	25	25	25
			26,5
		28	28
			30
	31,5	31,5	31,5
			33,5
		35,5	35,5
			37,5
40	40	40	40
			42,5
		45	45
			47,5
	50	50	50
			53
		56	56
			60
63	63	63	63
			67
		71	71
			75
	80	80	80
			85
		90	90
			95
100	100	100	100

1. - Quando si devono scegliere valori numerici da assegnare ad una grandezza qualsiasi (lunghezze, superfici, volumi, numeri dei giri, velocità, potenze, ecc.) si ricorre ai numeri normali.

2. - I valori numerici che occorrono vanno scelti, tutte le volte che è possibile, tra i termini della serie R 5, poi si ricorre alla R 10, quindi alla R 20, infine alla R 40.

3. - Altri termini delle serie R 5, R 10, R 20, R 40 si ottengono moltiplicando o dividendo per 10, 100, 1000 ecc. i numeri che compaiono nella presente tabella.

(Esempio: termini della serie R 20 compresi tra 0,03 e 0,07: 0,0315 0,0355 0,04 0,045 0,05 0,056 0,063).

4. - *Serie supplementare R 80.* Si ottiene introducendo, nella R *40*, i valori ottenuti facendo la media aritmetica di due termini successivi (3 cifre significative e arrotondamento per difetto).

5. - *Serie derivate* (a termini saltuari). Si ottengono scegliendo un termine ogni 2, 3, 4 ecc. di una serie fondamentale. Esempio: con *R* 20/5 (31,5....630) si designa la serie: 31,5 - 56 - 100 - 180 - 315 - 560.

§ 55. - Errori elementari.

I pezzi, anche se lavorati con la massima cura, presentano sempre degli errori che possono distinguersi in:

1. - errori di forma.
2. - errori di posizione.

Errori di forma. - Le superfici che limitano i pezzi non sono mai perfettamente piane, cilindriche, coniche, ecc. Gli errori di forma sono costituiti dalle differenze tra le superfici reali dei pezzi e le corrispondenti superfici geometriche. Si hanno quindi errori di *planarità*, *cilindricità*, *conicità*.

Anche le rette e le linee che si ottengono come intersezioni delle superfici dei pezzi, oppure nel realizzare una generatrice, differiscono dalla forma geometrica: si hanno quindi errori di *rettilineità* e di *circolarità*.

Errori di posizione. - Sono dovuti alla differenza tra la posizione prestabilita e quella effettiva di assi, piani e superfici del pezzo [1]) (supponendo che assi piani e superfici siano privi di errori di forma). Si ha un errore di posizione quando due piani non risultano, come dovrebbero, perfettamente paralleli, oppure formano tra loro un angolo diedro che non misura esattamente 90°, ecc. Si hanno quindi errori di *parallelismo*, di *normalità* e, più in generale, *angolari*.

§ 56. - Controllo dei pezzi.

Il controllo della forma e della posizione di linee e superfici dei pezzi si basa sull'impiego dei seguenti metodi principali:

1. - fessura luminosa.
2. - piano di riscontro e colore.
3. - comparatore.
4. - livella.
5. - interferenza luminosa.

---

[1]) Negli errori di posizione si potrebbero quindi far rientrare anche gli errori di dimensione.

Del controllo dei pezzi si tratterà diffusamente più avanti (vedi laboratorio tecnologico).

§ 57. - Fonderia.

La fonderia è l'industria che mediante la fusione dei metalli e delle leghe, il loro getto in forme di terra refrattaria e il successivo raffreddamento fabbrica oggetti, d'uso meccanico o casalingo, di forma prestabilita. I metalli di prima fusione, ossia provenienti dai forni metallurgici, non sono adatti per la fonderia perchè non sono abbastanza fluidi, anzi spesso devono essere corretti con opportune aggiunte, per dare all'oggetto che si fabbrica le volute proprietà tecnologiche e meccaniche. Perciò i lingotti e i pani di metallo forniti dagli stabilimenti metallurgici, debbono essere rifusi in forni adatti che si chiamano *forni da fonderia*.

Una fonderia deve avere i seguenti reparti:

1° - *Reparto forni* (dove si fondono i metalli).

2° - *Reparto modellisti* (dove si fabbricano i modelli per confezionare le forme).

3° - *Reparto preparazione terre da fonderia* (dove si prepara la terra per le forme).

4° - *Reparto formatori* (ove si confezionano le forme).

5° - *Reparto finitori* [dove vengono ultimati e finiti i getti (pezzi fusi)].

§ 58. - Forni da fonderia.

I forni da fonderia sono di tre specie:

1° - *Cubilotto o forno a manica.*

2° - *Forno a riverbero.*

3° - *Forno a crogiuolo.*

Il più usato è il cubilotto (fig. 184). E' un forno cilindrico alto almeno 4 metri, esternamente di lamiera ed internamente di materiale refrattario. A circa un quarto della sua altezza ha

una strozzatura e vi è un manicotto di lamiera *M* che distribuisce l'aria compressa (mandata dalla soffieria), attraverso il tubo *T*, agli otto ugelli. Il manicotto porta, in corrispondenza

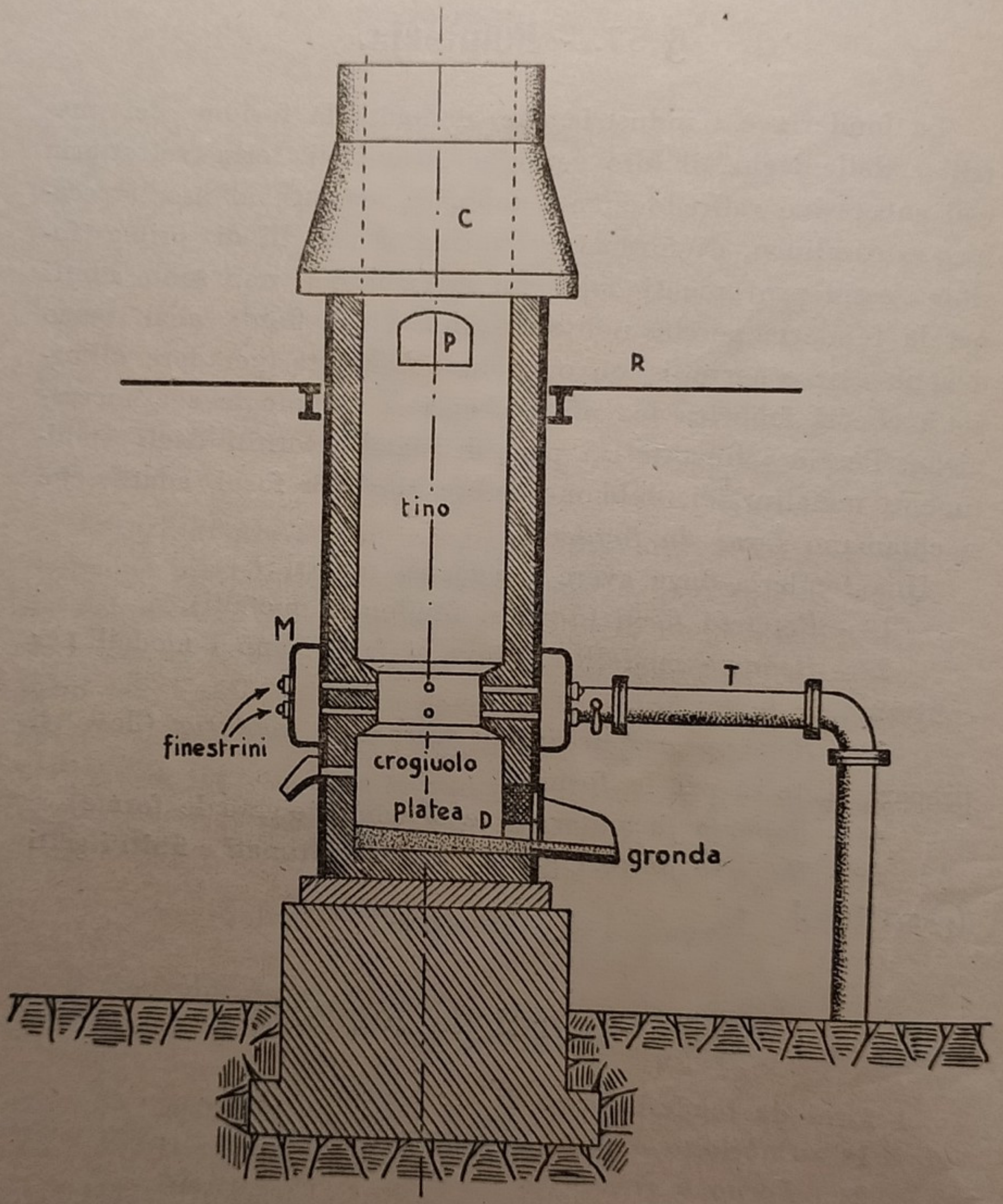


Fig. 184.

degli ugelli, *i finestrini di spia* che sono chiusi da lastrine di mica trasparente e che permettono di sorvegliare la combu-

stione nel forno. La strozzatura divide il forno in due parti: la superiore detta *tino*, e l'inferiore chiamata *crogiuolo*. Alla sommità del tino è situato il *cappello* di lamiera *C*, sotto il quale si trova la *porta di caricamento P*, a cui si perviene passando sul pianerottolo *R*. Nel crogiuolo dobbiamo notare: la *platea* inclinata verso l'esterno e raccordata con la *gronda* di lamiera, foderata d'argilla refrattaria; il foro di colata *D*, che mette in comunicazione il crogiuolo con la gronda. Per mettere in marcia il cubilotto lo si carica di carbone coke fino a $\frac{2}{3}$ del tino, si accende il combustibile dal foro di colata lasciando aperti questo e i finestrini di spia, e chiuse le valvole d'aria compressa. Quando la combustione arriva all'altezza degli ugelli, si chiudono il foro di colata e i finestrini di spia, e si manda l'aria agli ugelli. Allora, mentre un operaio manovra le valvole per regolare la combustione, un altro procede alla prima carica, buttando nel forno, dalla porta di caricamento, da 4 a 6 quintali di ghisa in pezzi. Quindi, ad ogni quarto d'ora, si rinnova la carica con due quintali di ghisa, il 10 % di carbone e il 4 % di fondenti calcarei. *Il forno a riverbero da fonderia*, differisce da quello metallurgico perchè possiede il foro di colata ed ha la platea formata di sostanze refrattarie; si usa per fondere pezzi molto grossi e preparare ghisa temperata.

Il forno a crogiuoli invece si adopera per piccole quantità di ghisa, oppure per fondere bronzo, ottone ed altri metalli.

§ 59. - Trasporto del metallo liquido alle forme.

La ghisa fusa che esce dai forni a manica può essere portata alle forme in tre modi:

1° - *Con canaletti a terra.*

2° - *Con secchie a mano o meccaniche.*

3° - *Con carrelli correnti su binarietti Dècauvilles.*

Il metodo dei canaletti (di ferro, rivestiti di materiale refrattario, oppure di tegole refrattarie) si usa quando le forme

sono sotto il livello della gronda del forno ed il terreno ha una pendenza sufficiente. I carrelli si usano sullo stesso piano nelle grandi fonderie. Il trasporto a secchie è quello più usato quando le forme sono in piani diversi.

Le secchie sono di ferro o di ghisa internamente rivestite di mattonelle refrattarie. Possono essere di due specie: *secchie a mano* (fig. 185) e *secchie meccaniche* (fig. 186).

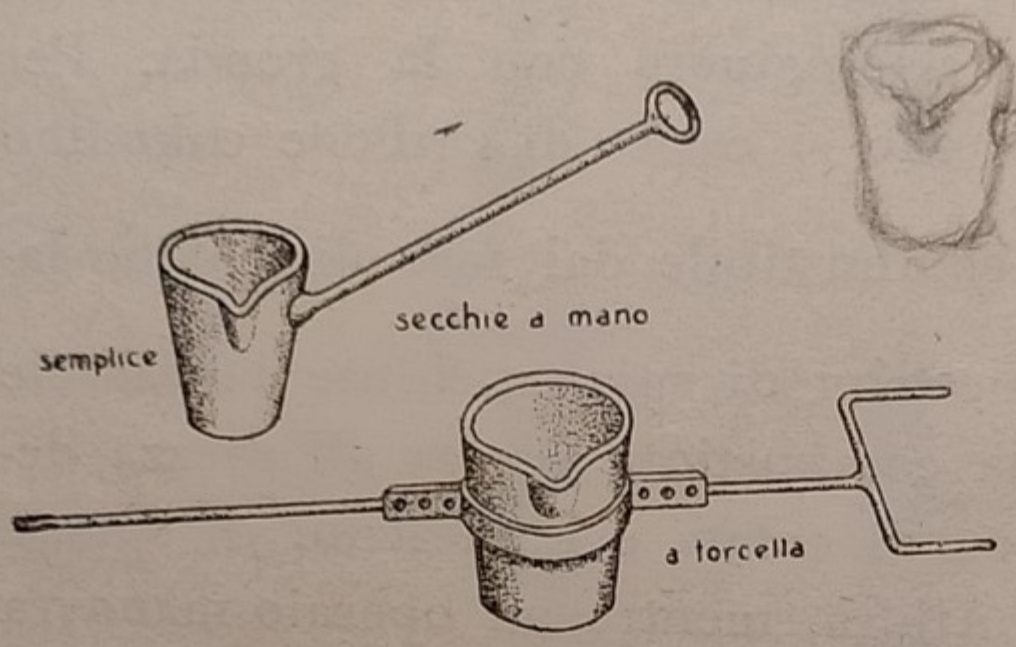


Fig. 185.

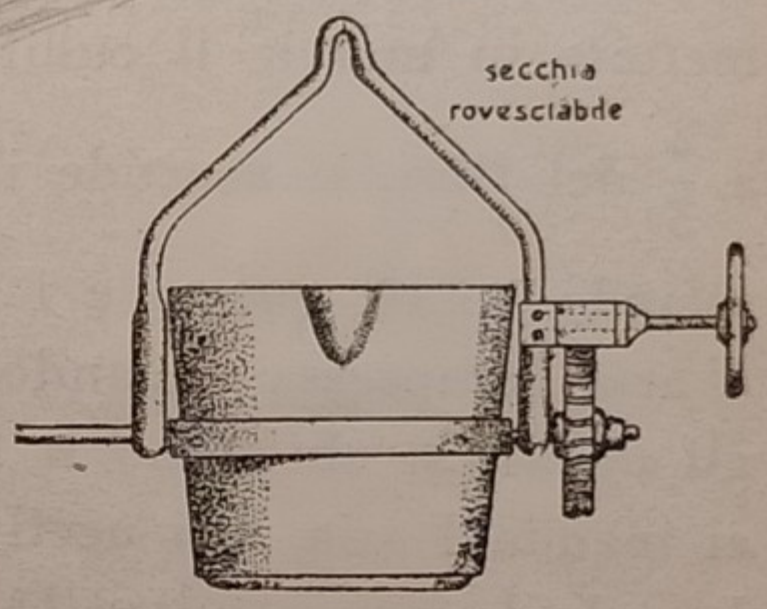


Fig. 186.

Quelle a mano, che sono portate da uno fino a tre operai, si usano per trasportare da 25 fino a 100 Kg. di metallo. Quelle meccaniche si distinguono in *secchie rovesciabili e non rovesciabili.* Le prime che si usano per trasportare da 1 a 8 q. di metallo, sono sostenute da un paranco sospeso ad una gru fissa o girevole oppure alla traversa di una gru a ponte e possono rovesciarsi mediante una leva o mediante una coppia ruota elicoidale vite perpetua mossa da un volantino. Le secchie non rovesciabili, che si usano per pesi di metallo superiori a 8 q. sono anch' esse sospese a gru e portano sul fondo un foro di colata che può essere aperto e chiuso mediante un tappo di ferro, rivestito d' argilla refrattaria, chiamato *conocchia.*

§ 60. - Preparazione delle terre da fonderia.

Il suolo della fonderia si prepara spianando bene il terreno, facendovi un letto di tavole o di calcestruzzo e gettandovi so-

pra uno strato di 3 o 4 metri di *terra nera* (terra già usata).

Una terra da fonderia deve avere cinque proprietà:

1° - *Plasticità.*
2° - *Finezza.*
3° - *Refrattarietà.*
4° - *Coerenza.*
5° - *Permeabilità.*

La plasticità è l'attitudine della terra a prendere facilmente la forma che si vuol darle.

La finezza è la proprietà della terra di avere la grana minuta (necessaria per ottenere forme a superficie liscia).

La refrattarietà è la proprietà della terra di non fondersi a contatto del metallo liquido.

La coerenza è la proprietà della terra di non disgregarsi sotto la pressione del getto.

La permeabilità è l'attitudine della terra a farsi attraversare facilmente dall'aria e dai gas prodotti dalla colata (anidride carbonica, idrocarburi e vapor acqueo).

In natura non esistono terre da fonderia, ma si trova una *sabbia di cava* che può, con opportune aggiunte, servire a preparare la terra da fonderia.

Tale sabbia contiene dal 5 % al 15 % di allumina (ossido di alluminio) e il rimanente di silice e argilla.

Inoltre essa contiene sempre piccole quantità di ossidi metallici che le danno vari colori (bruno, giallastro, rossastro e verdastro) e tracce di calce e di magnesia. Non deve mai contenere carbonato di calcio, perchè questa sostanza, per effetto del calore, si trasforma in calce e sviluppa anidride carbonica che può produrre soffiature nei getti. Le sostanze usate per correggere le qualità della sabbia di cava sono tre:

1ª - *La paglia triturata e lo sterco di cavallo macinato* che aumentano la permeabilità della sabbia.

2ª - *La polvere di carbone coke* che aumenta la refrattarietà.

3ª - *La polvere di carbone fossile magro* che impedisce al metallo liquido di attaccarsi alla forma. La sabbia di cava corretta secondo i bisogni e mescolata con la terra nera forma *la terra da fonderia.*

Quest' ultima impastata con una certa quantità d'acqua costituisce la *mota* con cui si fabbricano le forme.

La preparazione delle terre richiede 6 operazioni successive:

1o - *Essiccamento della sabbia di cava.*

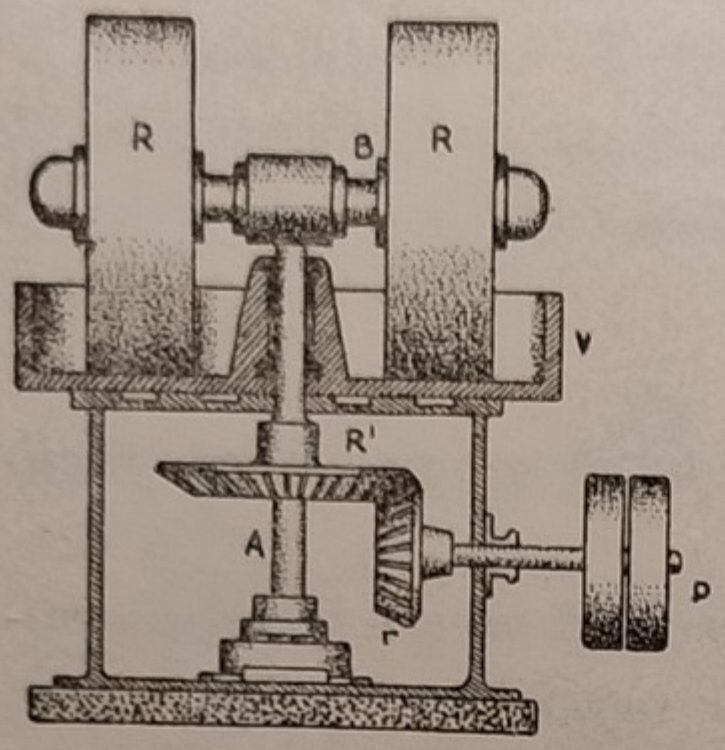
2o - *Macinazione della sabbia seccata.*

3o - *Stacciatura della sabbia macinata.*

4o - *Impasto della terra argillosa per prerarare le anime.*

5o - *Purificazione della terra usata* (sua separazione delle particelle di ferro lasciatevi dalle fusioni precedenti).

6o - *Miscuglio della sabbia e della terra purificata coi correttivi e con l'acqua per fare la mota.*

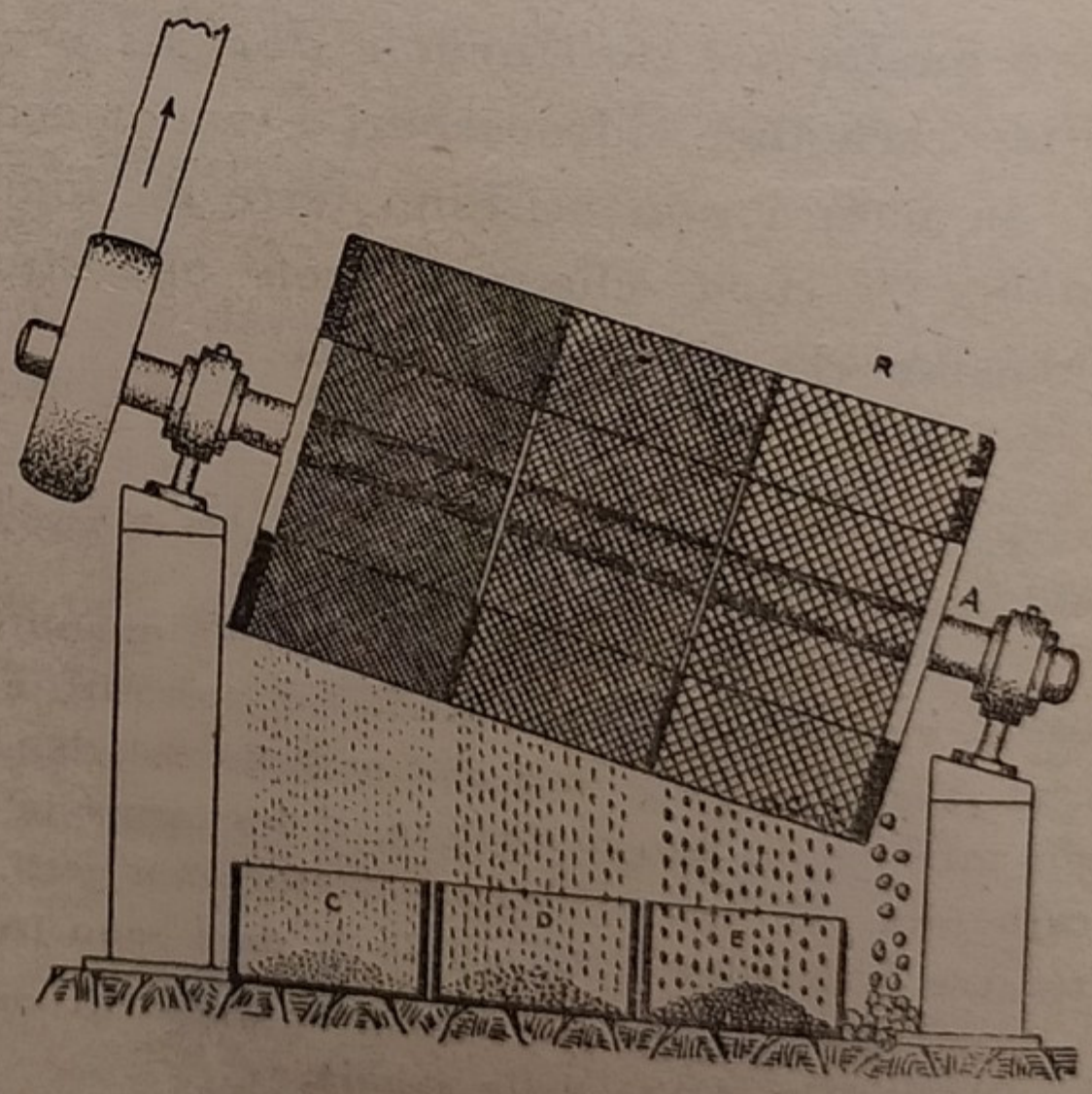


Macina a rulli o molassa

Fig. 187.

Le figure seguenti mostrano alcuni degli apparecchi meccanici usati per dette operazioni.

N. B. — *La macina a rulli* (fig. 187) usata per macinare la sabbia (essiccata in un recipiente cilindrico ruotante, ad asse inclinato, sopra il fuoco) è formata di una vasca *V* dentro la quale ruota l'albero orizzontale *B* portante i rulli *R*. Questi rotolano sul fondo della vasca e macinano la sabbia mentre due pale, sostenute dall'albero *A*, rimescolano quest'ultima e la spingono sotto i rulli. L'albero *A* è mosso dalla puleggia *P* per mezzo della coppia delle

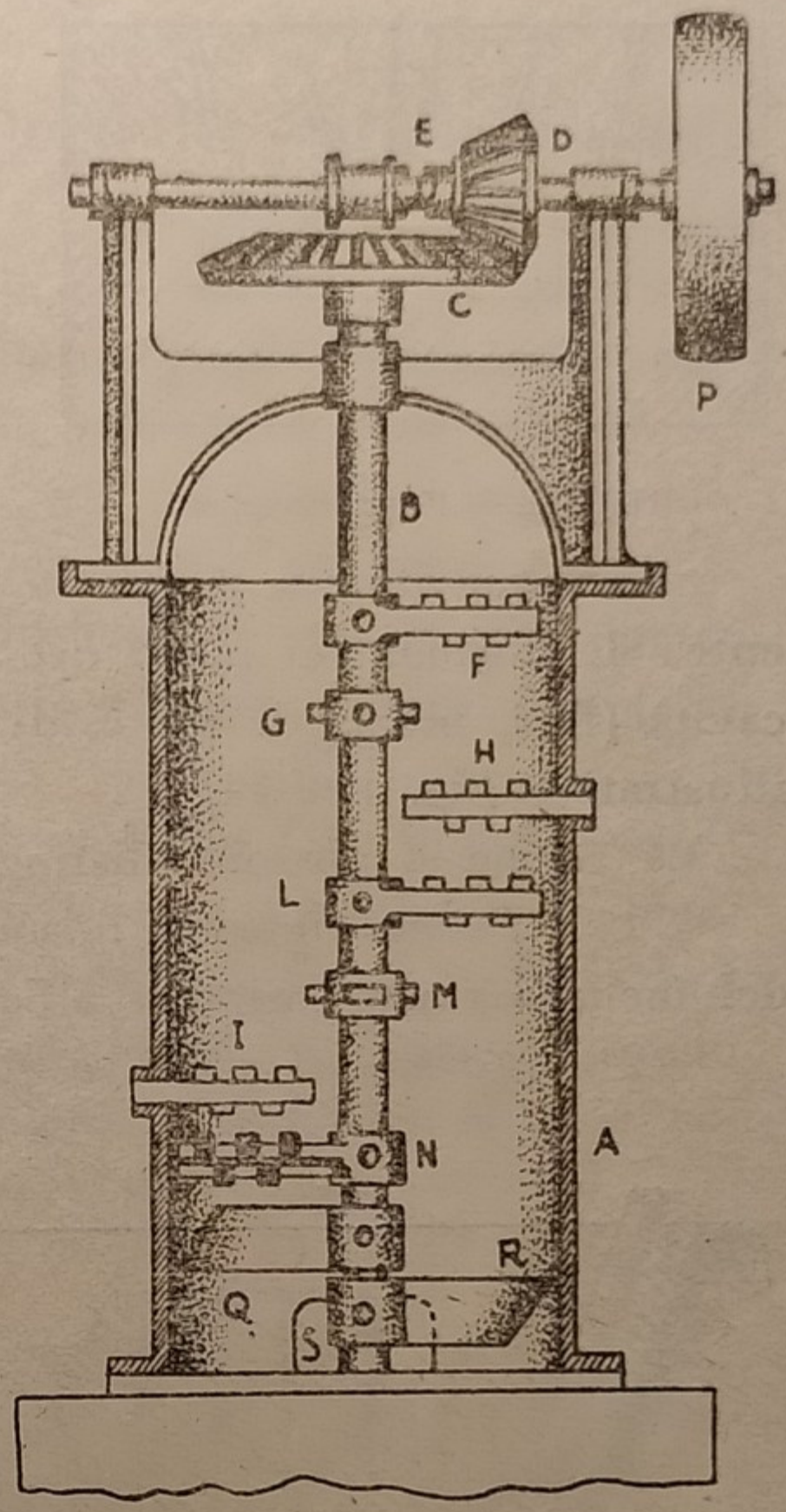


Staccio separatore o buratto

Fig. 188.

Lo staccio separatore (fig. 188) è un recipiente prismatico *R*, di sezione esagonale, la cui superficie è costituita di diverse fasce di rete a maglia di grandezza gradatamente crescente. Esso ruota attorno ad un asse *A* inclinato. Le sabbie di diversa finezza sono raccolte separatamente nelle cassette *C*, *D*, *E*; i grani che non passano attraverso la rete vengono scaricati dal fondo dello staccio, che è aperto.

L' impastatrice (fig. 189) in cui si fanno i miscugli per ottenere le mote, è un cilindro cavo *A* munito di uno sportello *S*. L'albero verticale *B*, mosso dalla puleggia *P* mediante la coppia di ruote coniche *C-D* e l' innesto *E* (che vincola il pignone *D* all'albero orizzontale), porta i bracci *F*, *G*, *L*, *M*, *N*, dentati e sfalsati di 90° l' uno rispetto all'altro, e le palette elicoidali *Q* ed *R*. Al cilindro sono fissati i bracci *H* ed *I* i cui denti sono situati in modo da corrispondere ai vani dei bracci dell'albero. Se lo sportello è chiuso, la terra bagnata introdotta nel recipiente dall'alto viene rimescolata tra i bracci dell' albero e quelli del cilindro, mentre le palette la spingono su e giù. Quando la mescolanza è perfetta, si lascia uscire la mota dall' apertura *S*.



Impastatrice o mescolatrice

Fig. 189.

§ 61. - Forme e loro specie.

Chiamasi forma un solido di mota incavato in modo da ottenere esattamente la forma dell' oggetto da fabbricare. Le forme si distinguono *in forme semplici* ed in *forme ad anima*, secondo che vengono riempite o no completamente dal metallo.

Forme chiuse

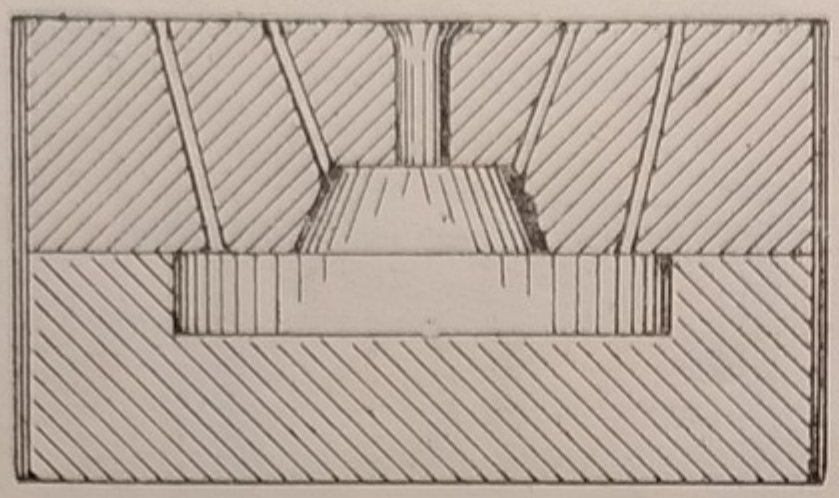


Fig. 190. — Forma semplice.

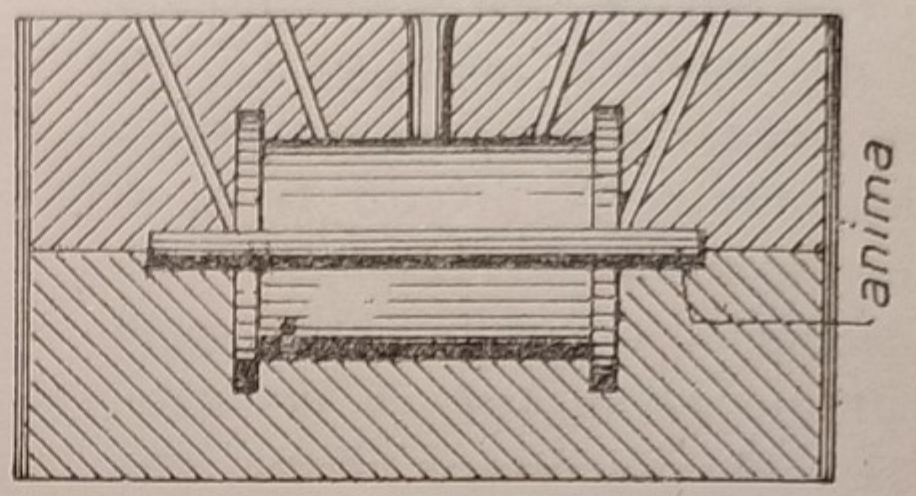


Fig. 191. — Forma ad anima.

Si chiama *anima o nucleo* un solido di mota, che si colloca entro la forma, nei punti ove l'oggetto deve presentare delle cavità (fori, mozzi di ruote, di volani, ecc.). Vedansi le figure illustrative (fig. 190-191).

Le forme si possono distinguere anche come segue:

1° - *Forme aperte e forme chiuse* secondochè la superficie del metallo rimane esposta all'aria o coperta (fig. 190 e fig. 192).

2° - *Forme al verde e forme a secco* secondo che sono fatte di mota umida in cui si fa subito il getto, o di mota bagnata che viene asciugata col calore prima di fare il getto.

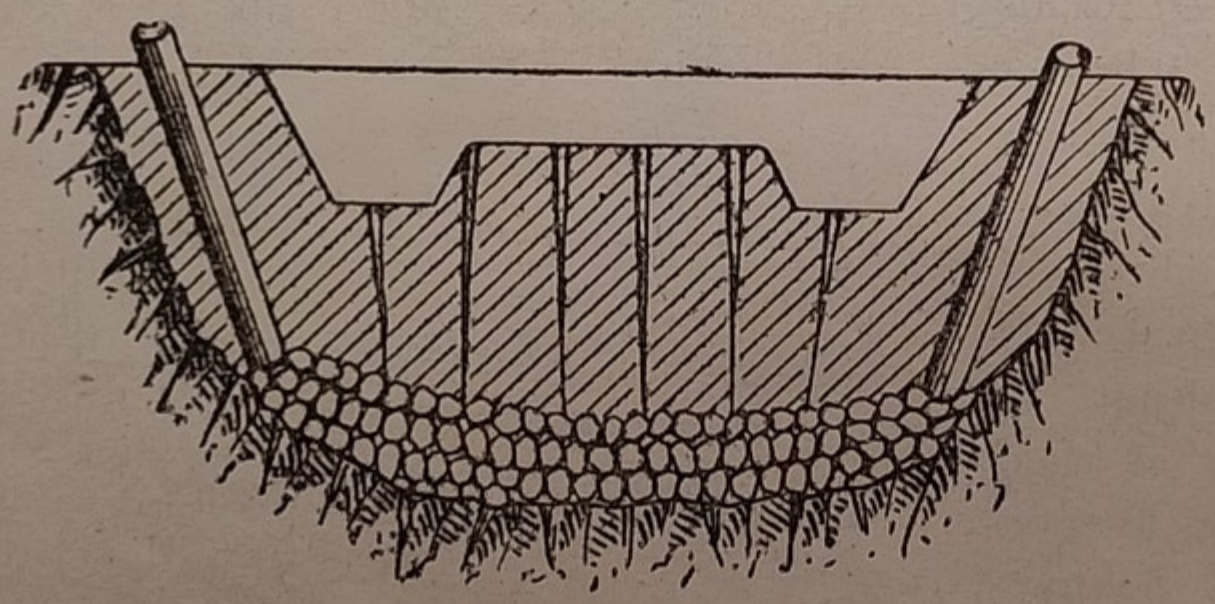


Fig. 192. — Forma aperta.

3° - *Forme temporanee e forme permanenti.* Temporanee sono quelle che servono per un solo getto e poi vengono sfasciate (sono di mota e sono le più usate). Permanenti invece sono quelle che servono per parecchie fusioni successive. Esse sono fatte di ghisa o d'acciaio e si chiamano comunemente *conchiglie.* Si usano per produrre in serie oggetti di piccole dimensioni (serrature, rubinetti, ecc.).

4° - *Forme in staffa e forme a terra.* Si chiamano forme in staffa, quelle fatte dentro telai di ghisa (staffe) (fig. 196). Si chiamano forme a terra quelle scavate nel suolo della fonderia (fig. 192). Le staffe sono munite di *maniglie* per portarle e di *orecchioni* e *caviglie* per sovrapporle e collegarle.

§ 62. - Fabbricazione dei modelli e delle anime.

I modelli sono solidi di legno, di metallo o di gesso che servono per fabbricare le forme ove devesi gettare il metallo liquido destinato alla fabbricazione dell' oggetto. Il modello è uguale all' oggetto per la forma, ma ha misure più grandi. Questo aumento di misura si fa anzitutto per compensare il ritiro del metallo quando si solidifica ed inoltre per dotare l' oggetto del soprametallo necessario alla sua lavorazione (tornitura, piallatura, fresatura ecc.).

I più comuni modelli si fanno in legno. Questo deve essere ben stagionato, non igroscopico, facilmente lavorabile, resistente e non deve spaccarsi. Perciò fra i legni più usati nella fabbricazione dei modelli abbiamo: l'abete bianco o rosso, il cirmolo (varietà d' abete proveniente dai paesi balcanici), il pino nostrano, quello di Fiandra e il pioppo d' America.

Quando il modello deve essere scolpito si usano legni più forti: pero, bosso, frassino.

Il modello deve essere fabbricato in modo da poterlo trarre agevolmente dalla forma senza danneggiarla. Perciò spesso si fa in due e più parti, che devono potersi unire e separare facilmente per mezzo di cunei,

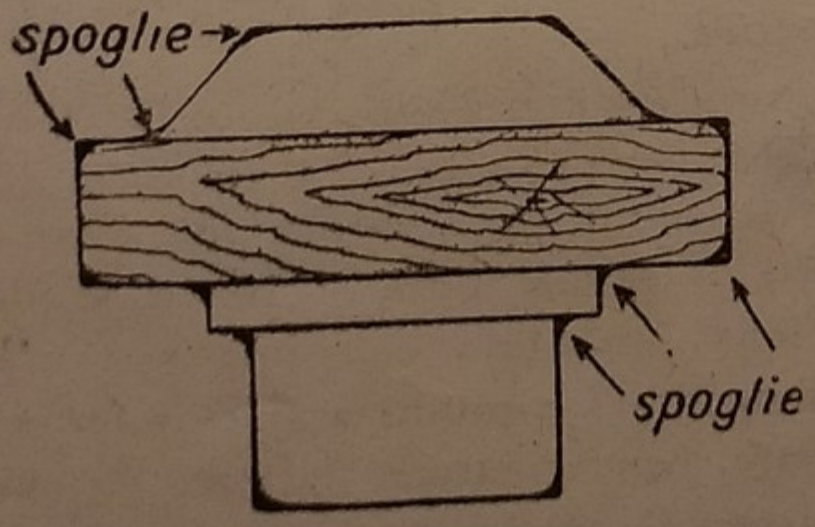


Fig. 193. — Spogliatura dei modelli.

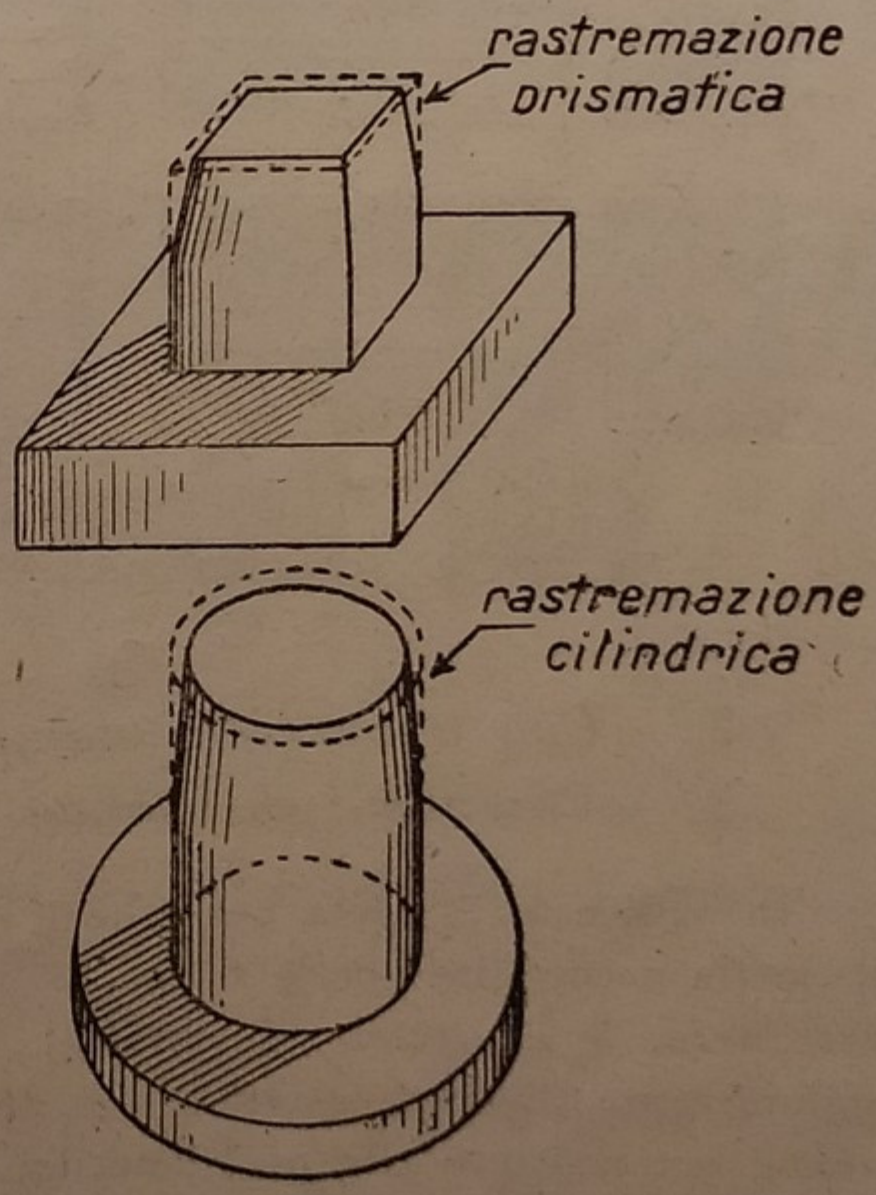


Fig. 194.

cavicchi e bulloni. Le teste dei bulloni vengono nascoste in apposite cavità. Oltre a ciò si procede a due operazioni:

1ª - *la spoglia* che consiste nell'arrotondare gli spigoli e gli angoli vivi;

2ª - *la rastremazione* che consiste nel trasformare le estremità cilindriche e prismatiche in tronchi di cono e tronchi di piramide. (Vedi fig. 193-194).

Quando il modello è terminato e lisciato deve essere verniciato. Il colore della vernice varia col variare del metallo componente l'oggetto da costruirsi. Così i modelli per getti di ghisa si dipingono in rosso, quelli per leghe gialle (bronzi e ottoni) in giallo, quelli per ferro in verde, quelli per l'acciaio in azzurro, quelli per le leghe bianche in grigio, le casse d'anima in nero.

Le anime si possono fabbricare in tre modi distinti:

1° - *Con le casse d'anima* (fig. 195) ossia dentro scatole di legno aventi internamente la forma dell'anima.

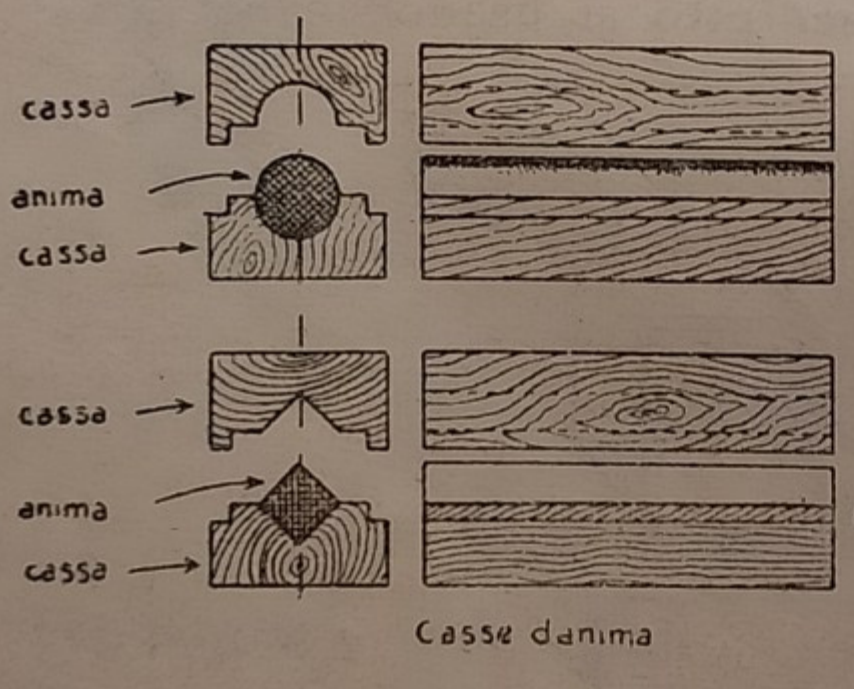


Fig. 195.

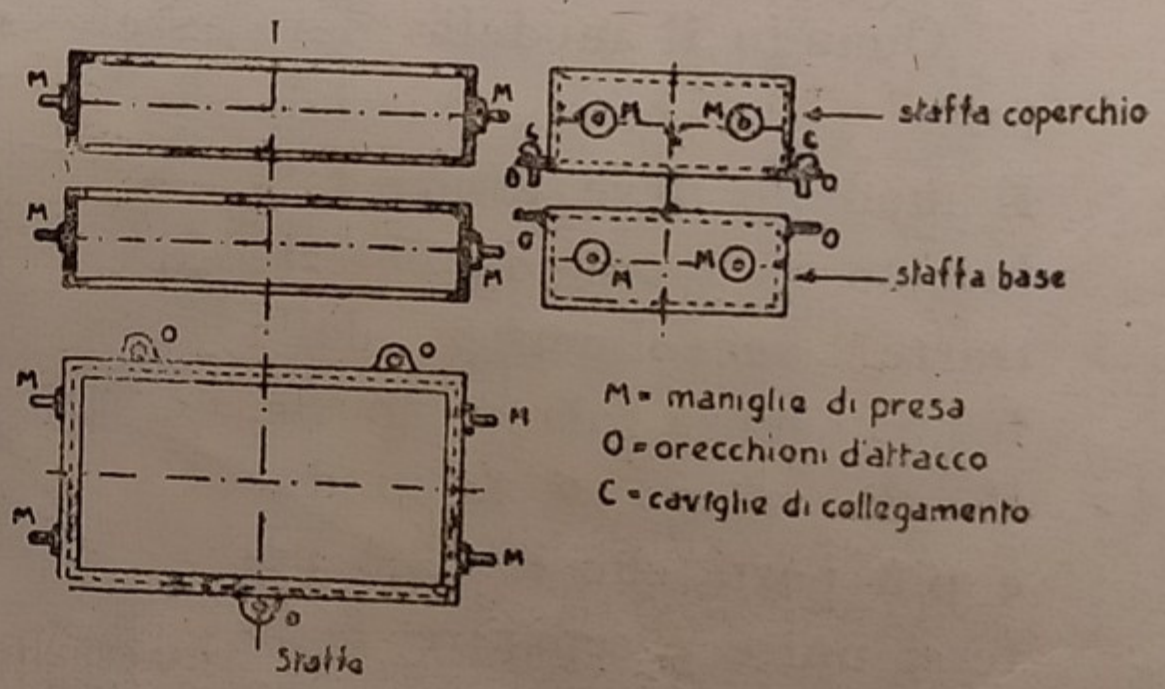


Fig. 196

2° - *Con apparecchi stampatori.*

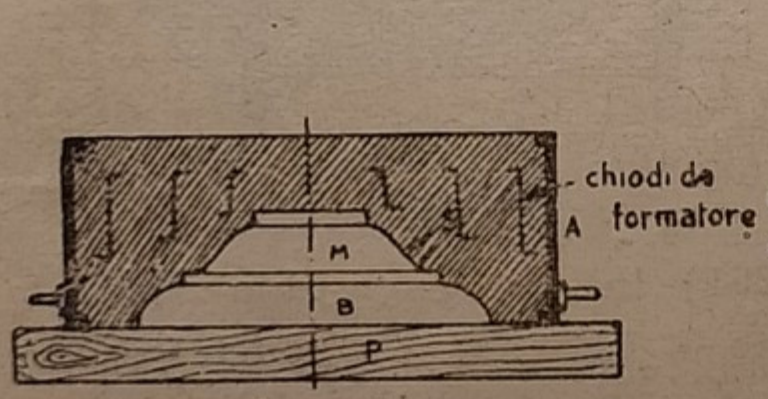
3° - *Con torni da anime.*

In ogni caso la mota per fabbricare le anime deve essere più grassa di quella occorrente per le forme (5 parti di sabbia pura e fresca, 5 di terra nera, 3 di sterco di cavallo). Viene impastata con una sostanza agglomerante (lisciva, catrame, olio di lino cotto) e quindi armata internamente, per resistere alla pressione del getto, con armature di ferro, la cui forma varia secondo la forma dell'anima. Generalmente l'armatura di

un' anima consiste in un tubo di ferro bucherellato in tutta la superficie, che chiamasi *lanterna*. La lanterna serve pure a dare sfogo ai gas e all'aria prodotti dalla colata. Quando l'anima è di forma rotonda si può fabbricare col tornio da anime. In questo caso si monta la lanterna tra le punte del tornio, vi si avvolgono sopra uno o due strati di stoppa, canapa o corda di trucioli, indi si dispone con le mani la mota a poco a poco fino a quando si è abbozzata la forma dell'anima. Allora si fa girare il mandrino e si tornisce l' anima con una *sagoma* di legno o di ferro riproducente il profilo da dare all' anima. Le anime debbono essere sempre *a secco* ossia debbono farsi seccare col calore prima di metterle in opera.

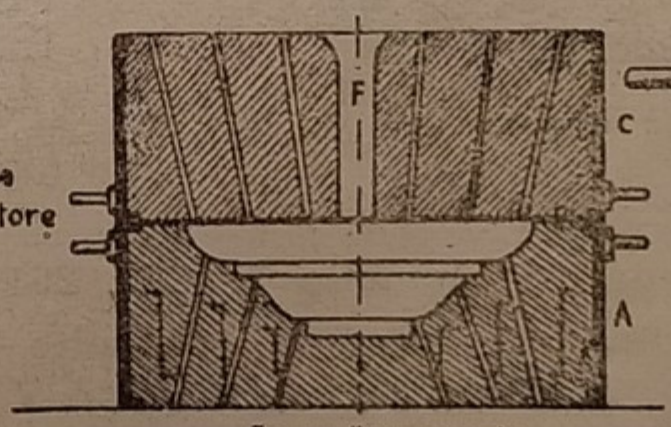
§ 63. - Fabbricazione delle forme - Formature.

Le forme possono fabbricarsi *col modello o senza modello*, sia nelle staffe che a terra. Se si fabbrica una forma in staffa col modello, si dispone la staffa base *A* (fig. 197) capovolta sopra un piano *P* di terra o di legno, e vi si mette dentro, nel centro, poggiato con la base maggiore *B*, il modello *M*. Sulla superficie del modello si distende uno strato sottile *S* di sabbia fina ben secca, sul quale si pigia poi la mota, in modo da riempire tutta la staffa, premendo moderatamente contro il



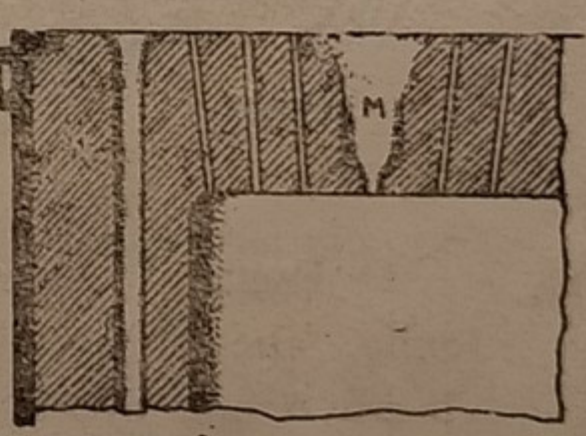
Forma d'uno zoccolo

Fig. 197.



Forma d'uno zoccolo

Fig. 198.



Forma con materozza

Fig. 199.

modello. Ciò fatto si raddrizza la staffa (fig. 198) si sovrappone la *staffa coperchio C*, si riempie di mota, si disfa l' armatura, si raggiusta la forma e si procede a *darle l' aria* e praticarvi il *foro di colata F*.

Il dar l' aria alla forma consiste nel praticare nella forma dei canaletti che mettano in comunicazione le sue pareti con l' aria esterna. Questi canaletti si chiamano *respiri*. Se la forma

è grossa, potrebbero risultare dei grossi risucchi, ossia dei vuoti a forma di imbuto, ed il pezzo allora non rimarrebbe completo. Per evitare ciò, in corrispondenza dei punti dove si formerebbe il risucchio, si dispone un respiro di sezione più grande detto *materozza* (*M* - fig. 199). Questa rifornisce la forma di metallo durante il ritiro ed impedisce il raffreddamento troppo rapido del getto.

Quando la forma è finita, si prepara alla colata come segue:

1° - *Se la forma è al verde*, si cospargono le sue superfici di un misto di polvere di carbon coke e di polvere di carbon fossile magro, si svasa e si unge d'olio di lino il foro di colata e la forma è pronta per il getto.

2° - *Se la forma è a secco*, si cospargono le sue superfici di *tinta* (poltiglia formata di polvere di carbone leggero, nero vegetale e terra grassa), si prepara come sopra il foro di colata e si manda la forma a seccare alla stufa per poi procedere alla colata.

Per ben chiarire il concetto della confezione delle forme esponiamo il procedimento usato per la formatura in staffa di un *tubo flangiato* di ghisa (fig. 200). Nella figura sono chiaramente visibili le flange *F*. Il lavoro procede attraverso le seguenti fasi:

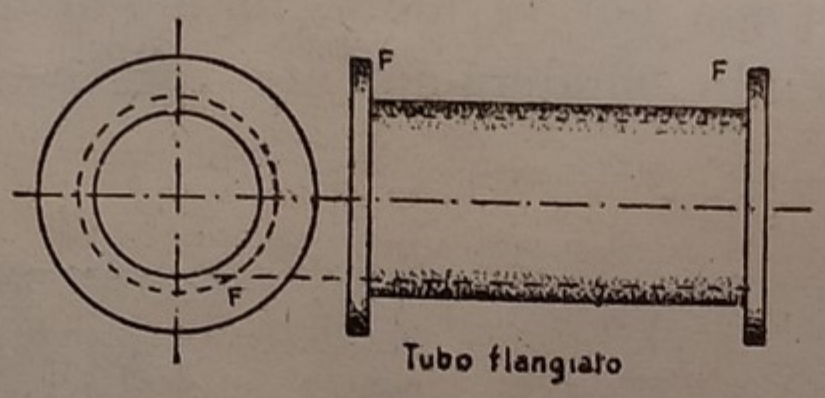


Fig. 200.

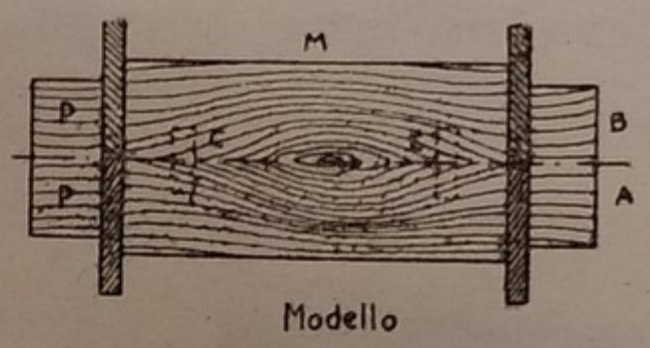


Fig. 201.

1ª FASE. — Si prepara il modello *M* (fig. 201) in due parti *A* e *B* di legno, che si collegano internamente mediante i cavicchi *C*, penetranti ciascuno, per metà, in un foro praticato in ciascuna parte del modello. Le

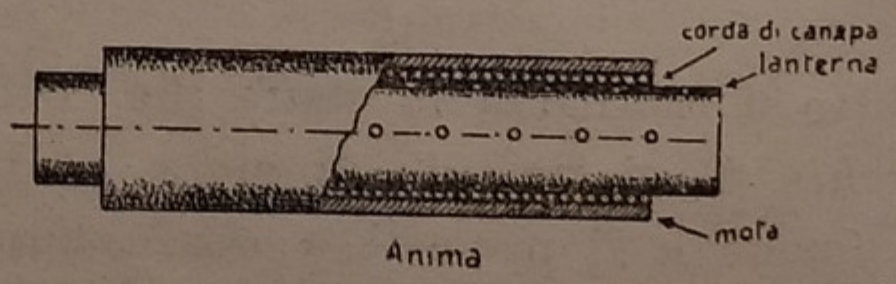


Fig. 202.

estremità sporgenti *P* sono dette *portate d'anima*.

2ª FASE. — Si confeziona l'anima come mostra la fig. 202 e la si fa seccare alla stufa.

3ª Fase. — Si costruisce nella staffa base S_1 (fig. 203) capovolta la la metà inferiore della forma, servendosi della metà inferiore del modello

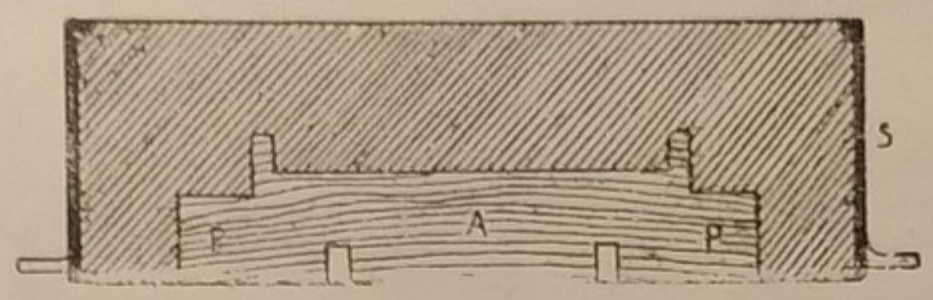


Fig. 203.

e procedendo come si è già detto precedentemente per la formatura dello zoccolo rotondo (fig. 198-199).

4ª Fase. — Si raddrizza la staffa base S_1 e vi si dispone sopra (collegandole colle caviglie introdotte negli orecchioni corrispondenti) la staffa coperchio S_2. Si sovrappone la seconda parte B del modello alla prima e si uniscono, rendendole inamovibili, coi cavicchi c introdotti nei rispettivi fori (fig. 204). Per impedire che la mota, che riempirà la staffa coperchio, si attacchi a quella della staffa base, si cosparge la superficie libera della mota di quest'ultima di *sabbia grigia* (sabbia bruciata). Si procede quindi al riempimento della staffa coperchio e con un bastone di legno D, tronco conico, vi si scava il foro attraverso cui si verserà in seguito il metallo fuso *(foro di colata)*.

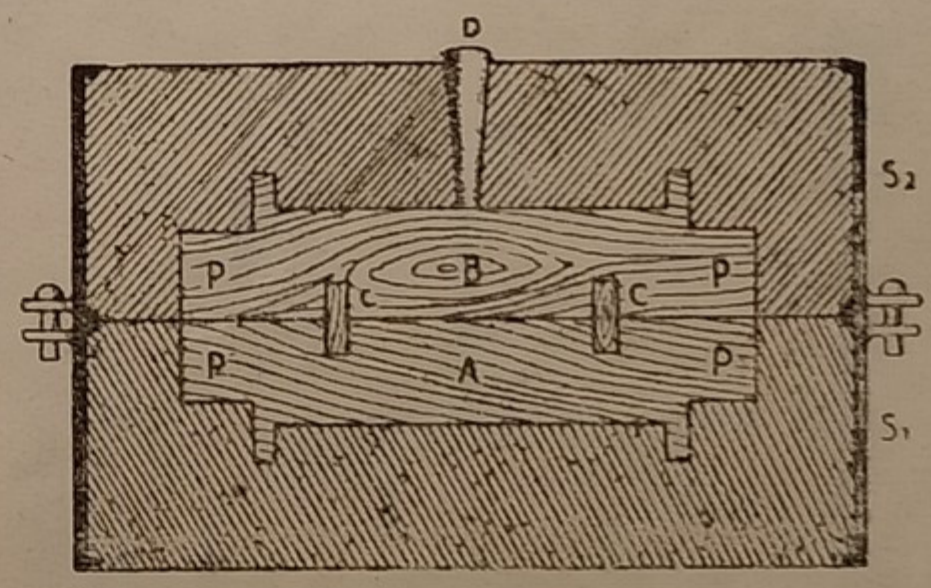


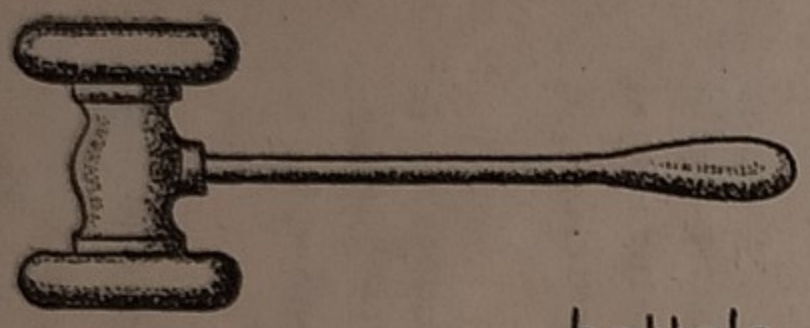
Fig. 204.

5ª Fase. — Si fa la *sformatura*, ossia si scompone la formatura sollevando la staffa coperchio e si estrae il modello. Così rimane libera la forma.

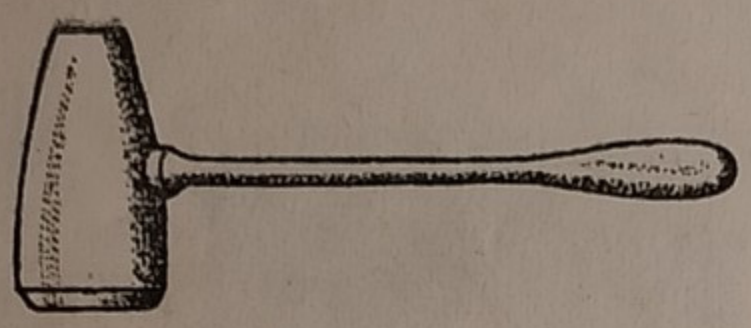
6ª Fase. — Si ritoccano, aggiustano e puliscono le due parti della forma, dove si è prodotto qualche guasto per effetto della sformatura e si fanno le operazioni complementari (respiri, spolveratura o tinteggiatura, e svasatura del foro di colata).

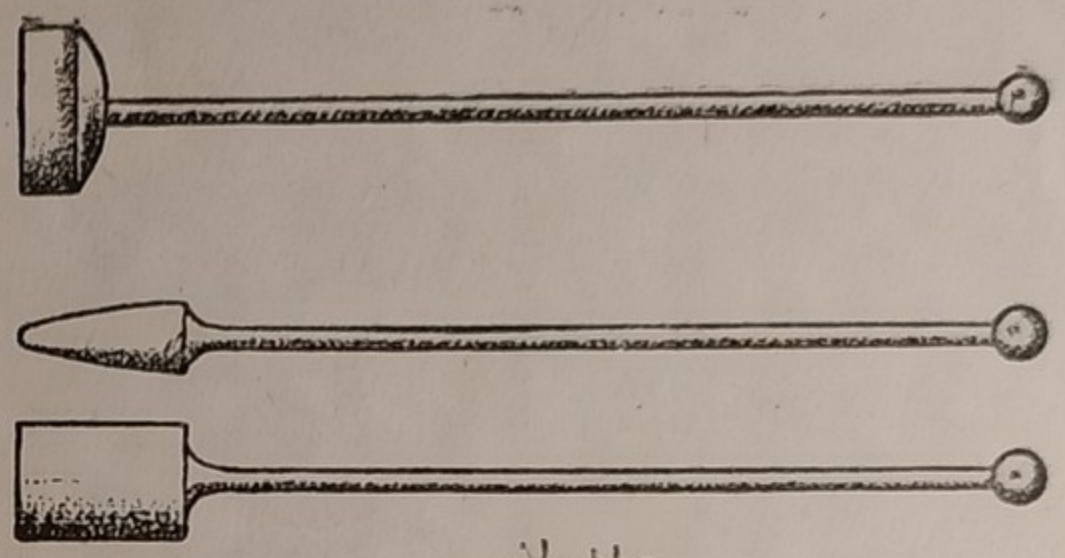
7ª Fase. — Si pone l'anima nella forma, facendone alloggiare le estremità Q ed R (fig. 205) nelle cavità lasciate nella mota dalle portate d'anima P del modello, e si ricostituisce la formatura sovrapponendo la staffa coperchio a quella base.

Quando la forma si eseguisce senza modello, il formatore la scolpisce nella mota servendosi dei suoi utensili: *battole*, *pilette*, *spatole*, *cazzuole*, *lisciatoi*, *uncinetti* ecc. (Vedi fig. 206).

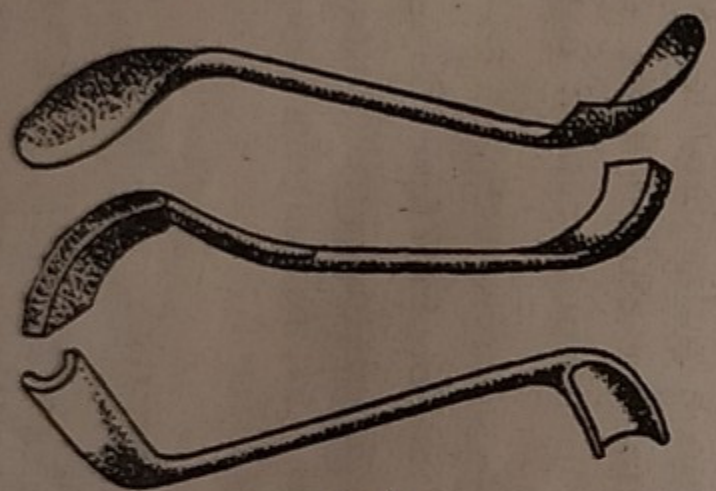


battole

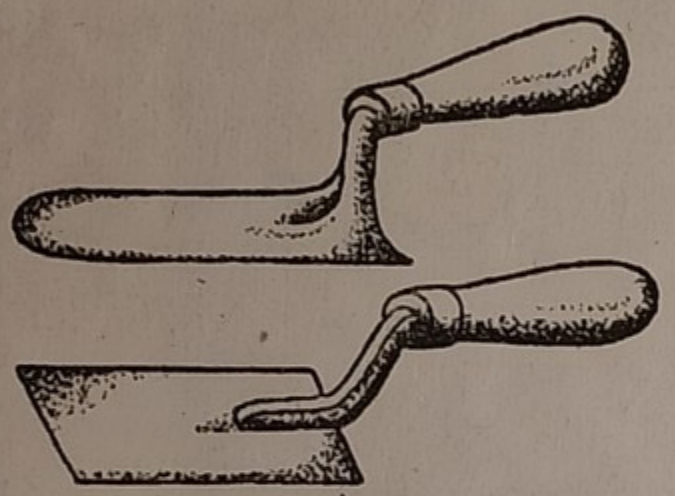




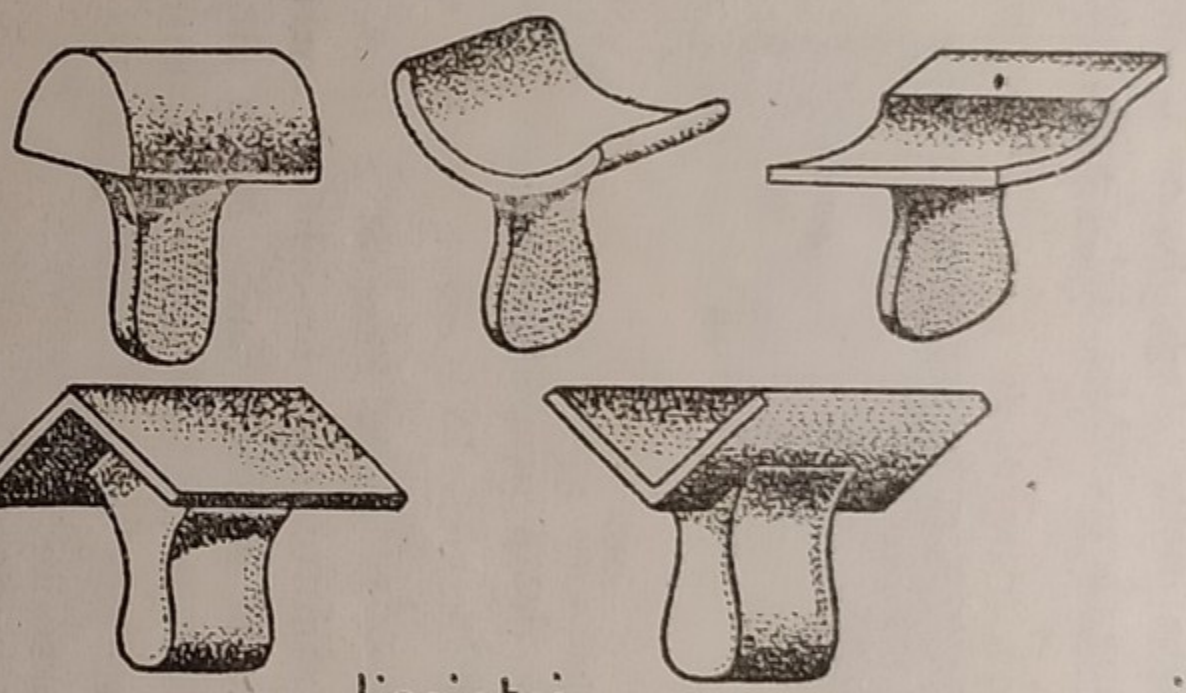
pilette



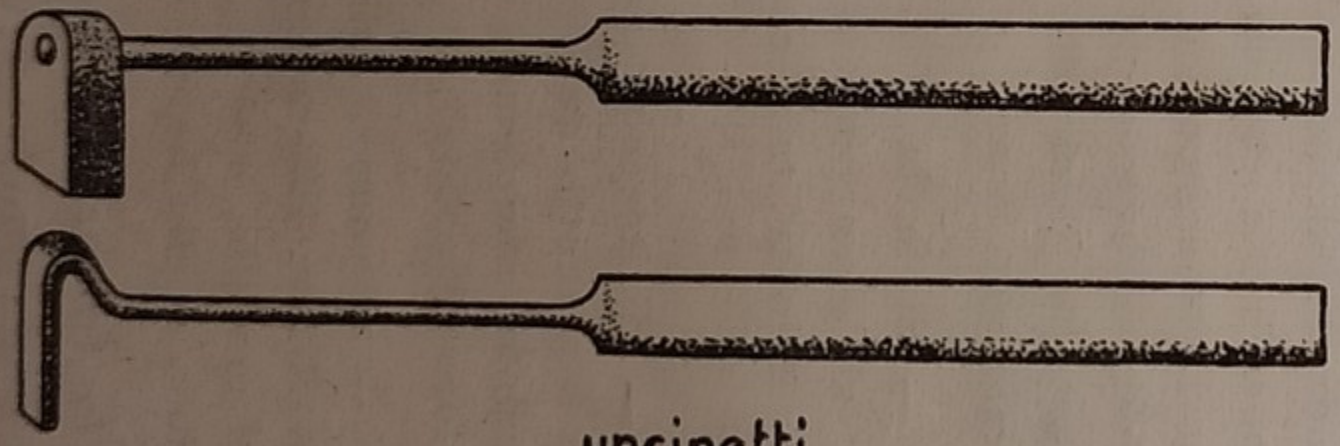
spatole



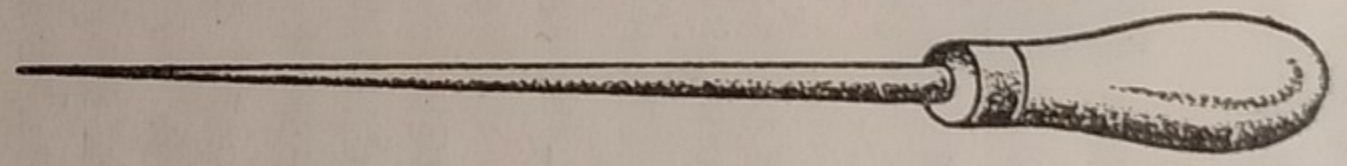
cazzuole



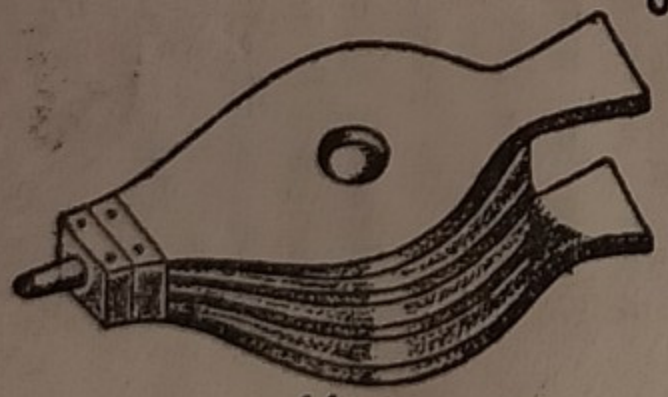
lisciatoi



uncinetti

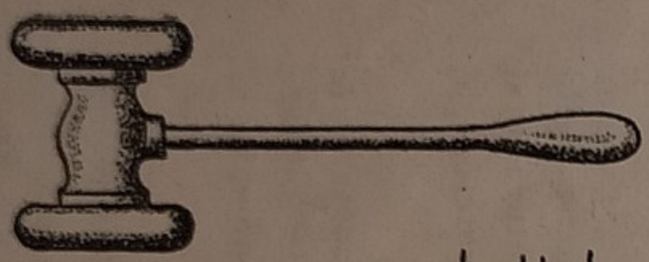


ago per respiri

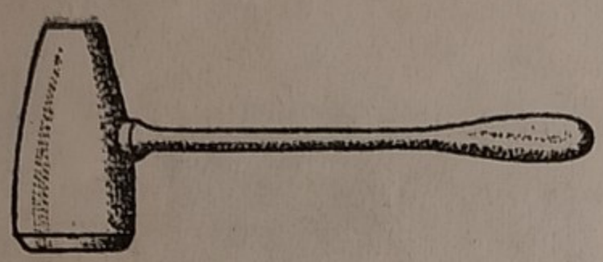


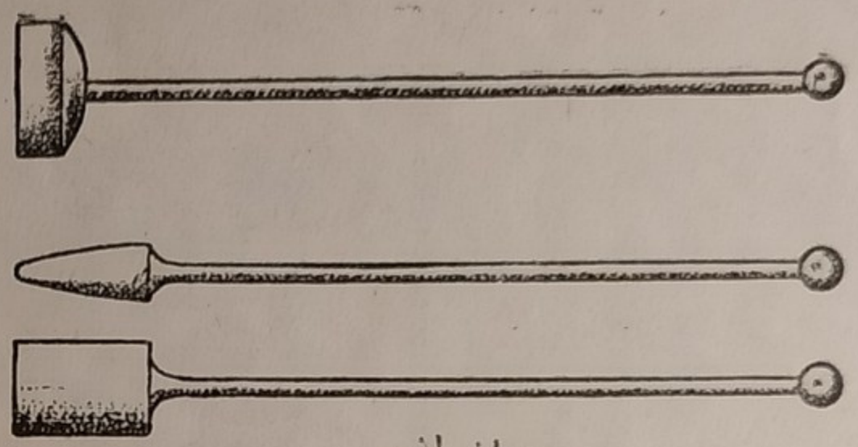
soffietto

Fig. 206

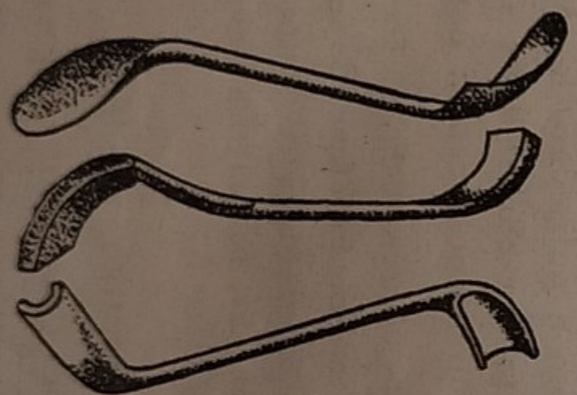


battole

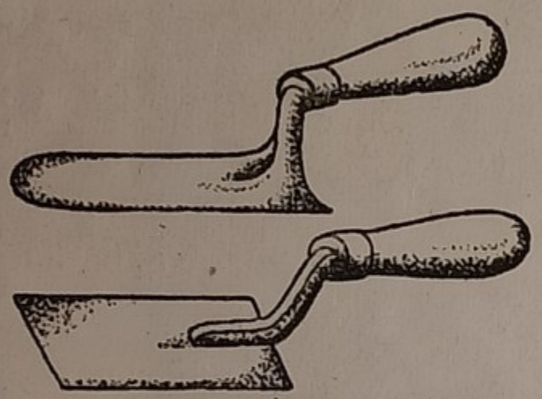




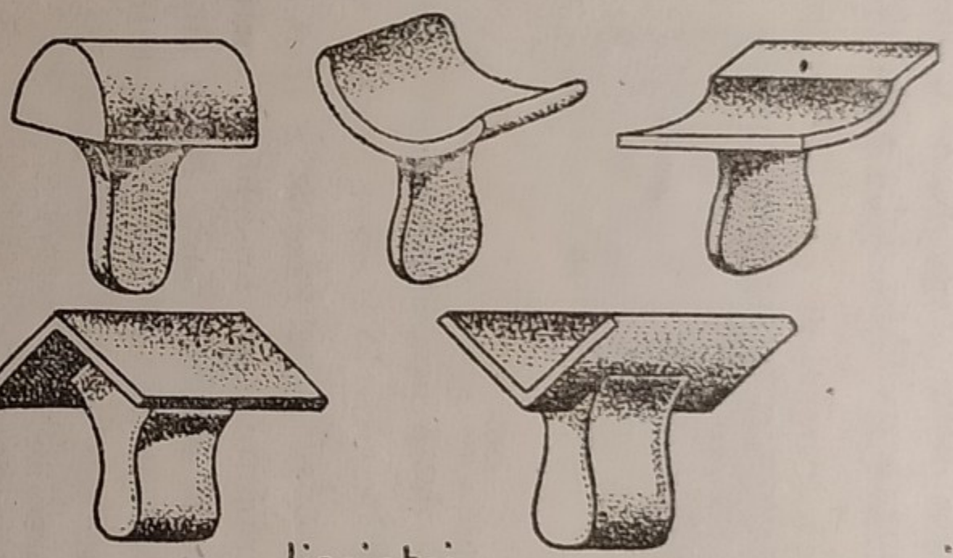
pilette



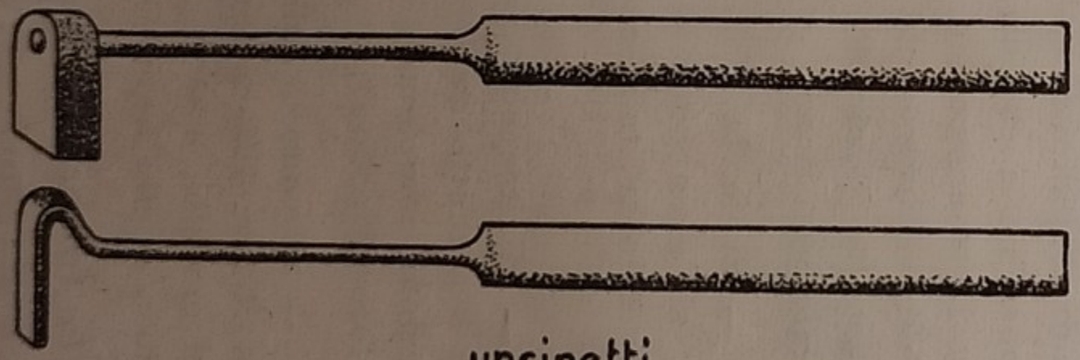
spatole



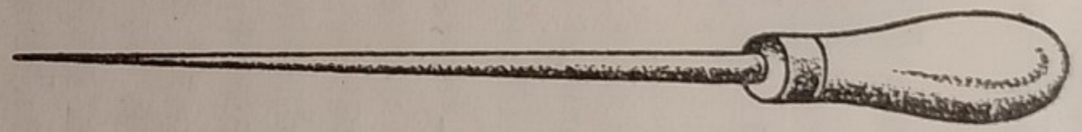
cazzuole



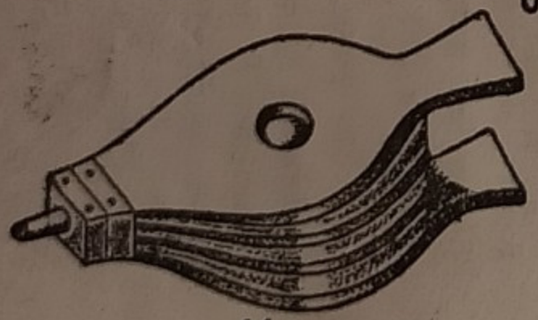
lisciatoi



uncinetti

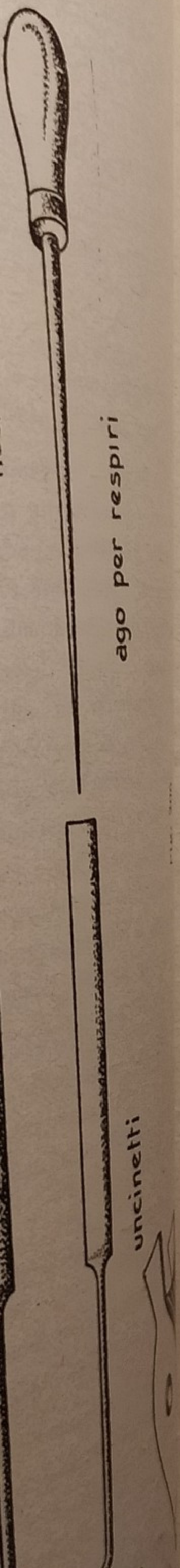


ago per respiri



soffietto

Fig. 206



Le battole e le pilette servono per comprimere e battere la mota nella forma, le spatole per aggiustarla e lisciarla, i lisciatoi per fare scorniciature e modanature, gli uncinetti per fare e pulire scanalature, gli aghi per fare i respiri, i soffietti per togliere i granelli di sabbia o di terra dalla forma.

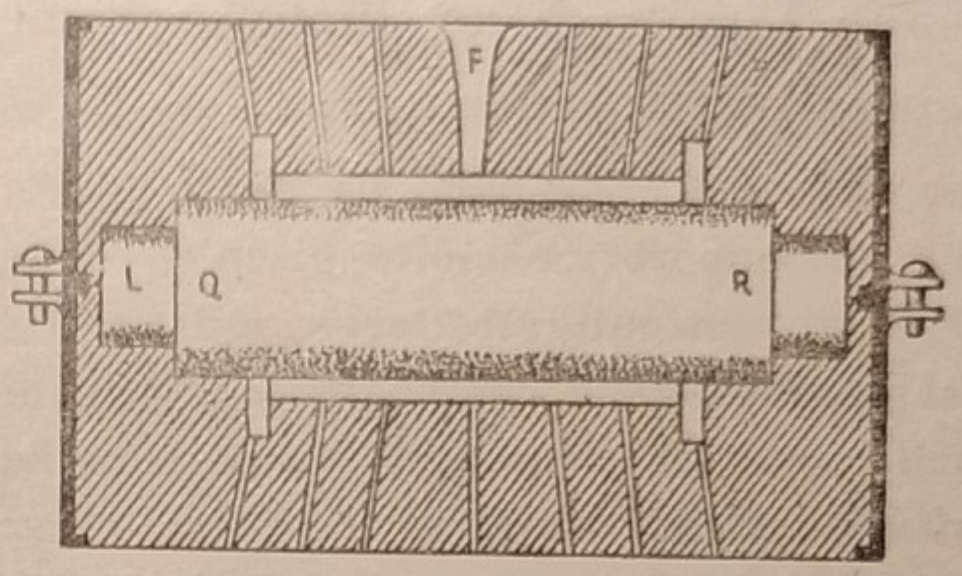


Fig. 205.

Quando la forma ha l'aspetto d'un solido di rotazione si fabbrica con un *apparecchio formatore a bandiera* (fig. 207) costituito d'un fusto verticale *F* infisso sopra un pesante zoccolo *Z* di ghisa affondato nel suolo della fonderia, dentro una *fossa per formare*. Lungo il fusto può scorrere una *bandiera* girevole formata d'una lastra di lamiera *B* portante due o tre scanalature parallele. A queste si fissa con bulloni scorrevoli una sagoma *S*. Facendo girare la bandiera attorno al fusto la sagoma scolpisce la forma. La figura mostra la confezione d'una forma per campana.

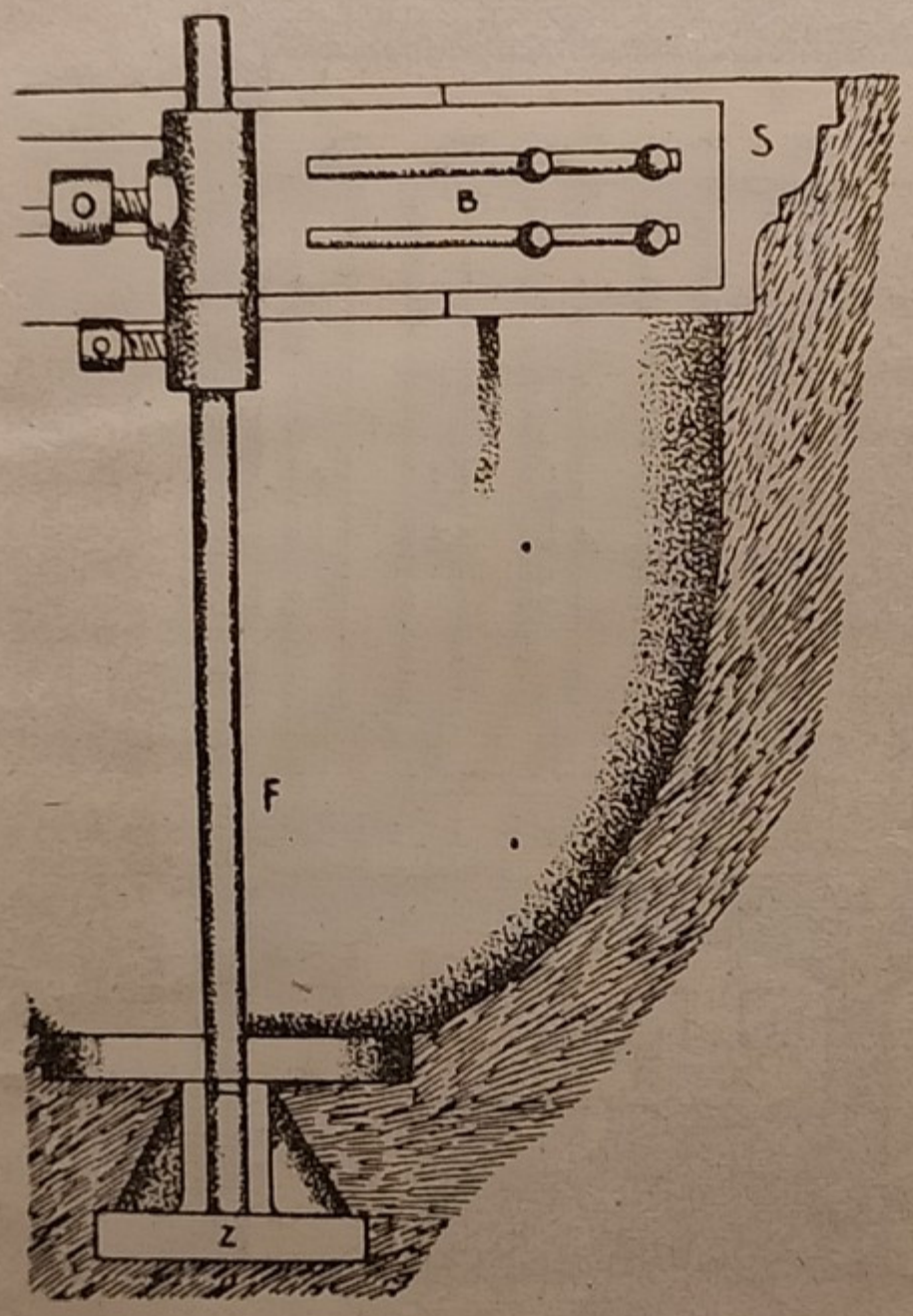


Fig. 207.

§ 64. - Essiccamento delle forme.

Le forme a secco, adatte per quei getti che, dopo la solidificazione, debbono subire la lavorazione a macchina e perciò

sono forniti di adeguato soprametallo, vengono fatte prosciugare con diversi procedimenti.

Se sono forme molto piccole, si mettono dentro *stufe* di lamiera foderate di mattoni refrattari e munite di muffola (camera chiusa inaccessibile ai prodotti della combustione). Se sono forme di medie dimensioni fabbricate in staffa si mettono su carrelli (scorrevoli su binarietti) dentro *camere di essiccamento* aventi la porta a saracinesca e riscaldate con aria calda portata da speciali tubi. Questi sono a lor volta riscaldati dai fumi circo-

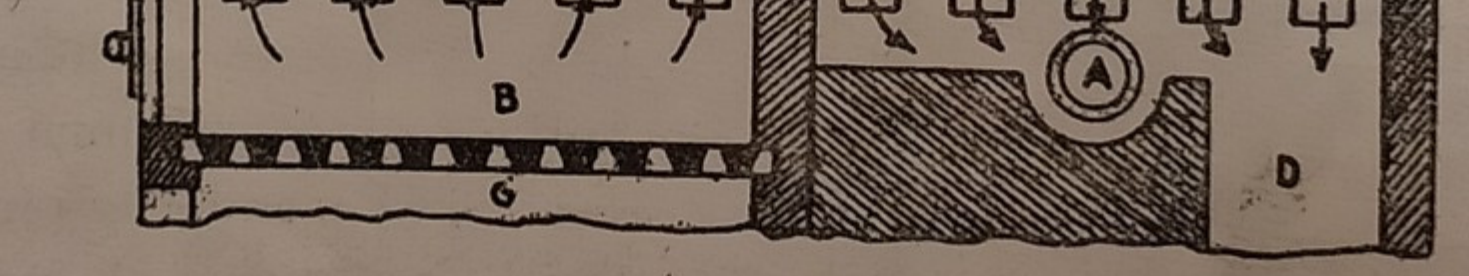


Fig. 208.

lanti in altre tubazioni poste di fianco alla camera. L'aria calda, dopo aver essiccato le forme ed essersi mescolata al vapor acqueo sviluppato dalle forme stesse, viene smaltita all'esterno mediate apposita apertura a saracinesca. Una opportuna valvola serve a regolare il tiraggio del camino per aspirare i prodotti della combustione.

Le forme a terra si seccano con *bracieri* o *stufe portatili* collocati nella forma o meglio con *stufe esterne* il cui camino è collegato colla forma (preventivamente chiusa, se è aperta, con adatte coperture provvisorie) in

modo che i gas prodotti dalla combustione siano costretti ad attraversare tutta la forma prima di arrivare all' aria.

La fig. 208 mostra una camera di essiccamento molto usata. *B* è il focolare, *G* la griglia, *E* i condotti di ammissione dei fumi, *T'* i tubi per cui essi salgono all' intercapedine *H*, *T''* quelli per cui discendono ai canali di smaltimento *I*. *A* é il tubo dell'aria calda che passa sotto il pavimento della camera e vi manda l' aria calda attraverso fori adatti. *D* è il camino, *C* sono i carrelli, *F* le forme da essiccare ed *S* la porta a saracinesca per cui si accede alla camera. I tubi *T* e *T''* sono nascosti nelle pareti della camera.

§ 65. - Colate.

Si chiama colata il versamento del metallo fuso nella forma.

Il metallo deve essere ben rimescolato e versato non troppo velocemente, ma senza interruzione. Il peso di metallo occorrente per riempire la forma deve essere calcolato prima per potere determinare la capacità della secchia adatta a contenerlo ed impedire che venga a mancare durante la colata. Questo calcolo si fa moltiplicando il peso del modello con cui si è fatta la forma per un numero fisso, dato da una tabella, dipendente dalla qualità del metallo e dalla qualità del legno o delle altre sostanze costituenti il modello.

Per ghisa, ferro e acciaio il numero fisso è compreso fra 13 e 15.

La colata può essere di quattro specie:

1ª *Colata diretta* (fig. 209) in cui il metallo si versa direttamente colla secchia nel foro di colata *F* (quando vi si arriva facilmente colla secchia).

2ª *Colata indiretta o a bacino* (fig. 210) in cui il metallo deposto nel bacino *B*, passa

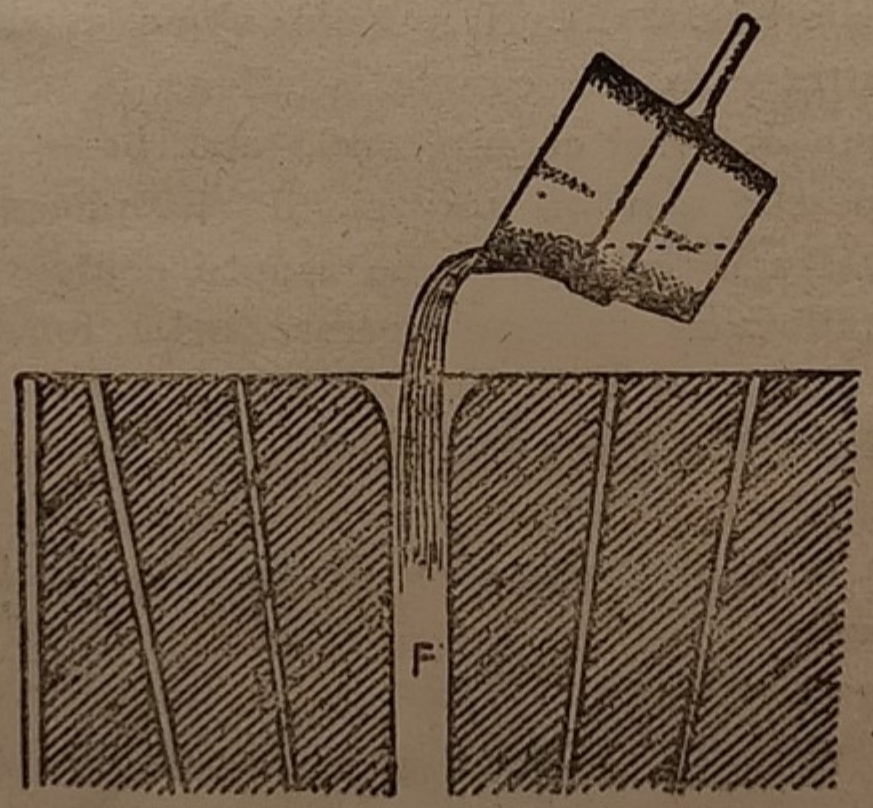


Fig. 209.

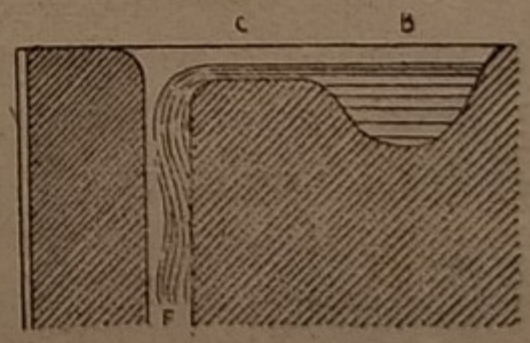


Fig. 210.

attraverso il canale laterale di scarico *C* nel foro di colata e quivi stramazza nella forma.

Questo metodo si usa quando la secchia non può raggiungere il foro di colata. Il getto è meno violento della colata diretta.

3ª *Colata a pioggia* (fig. 211). Il foro di colata è diviso in due parti *S* ed *F* separate da un diaframma *D* di terra refrattaria compressa attraversato da molti fori di piccolo calibro. Il metallo, versato nella

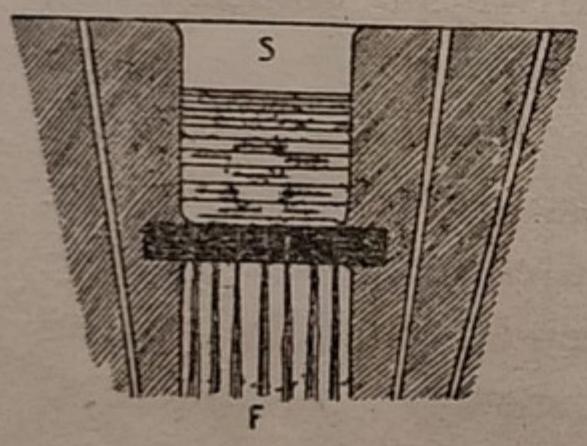


Fig. 211.

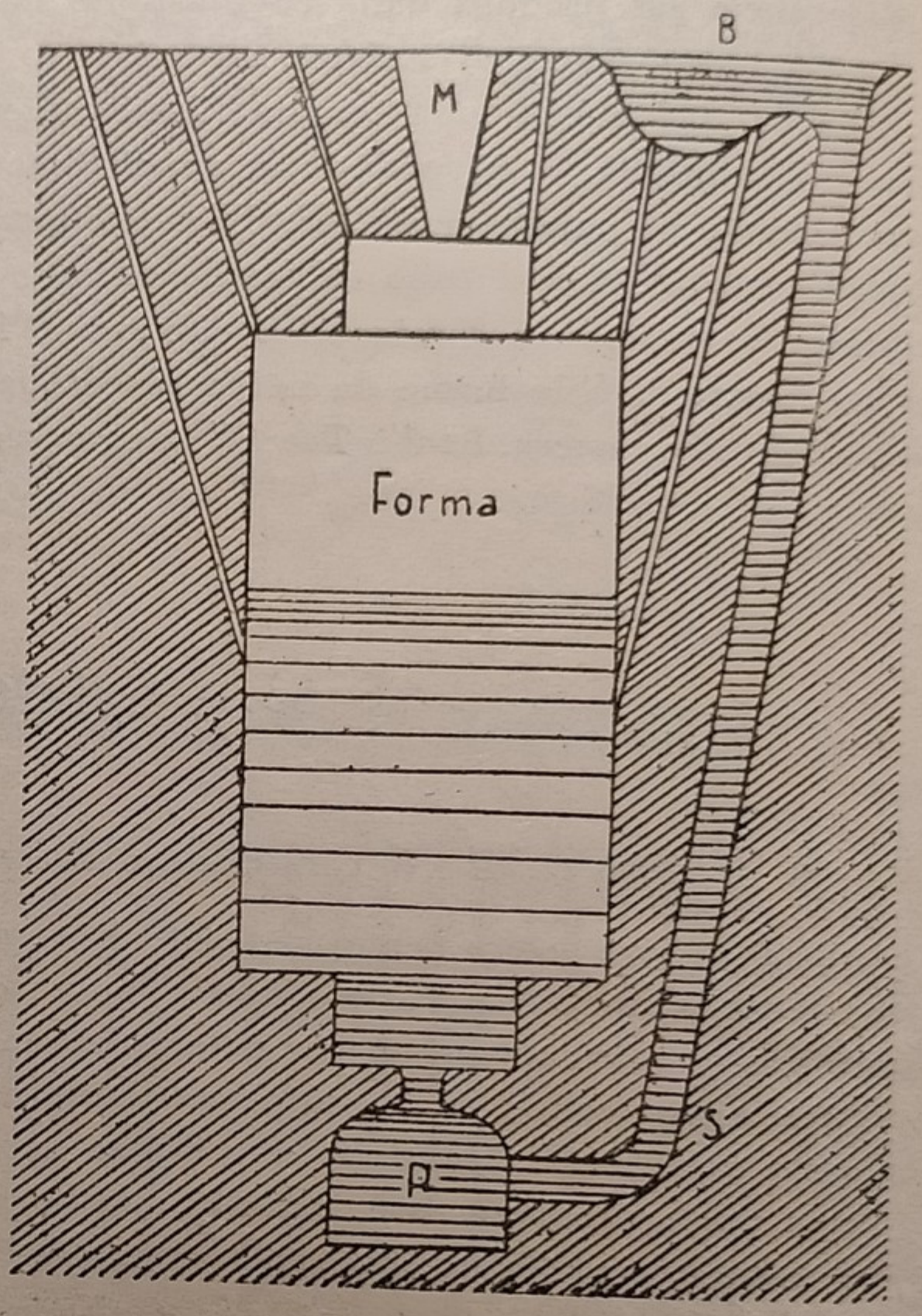


Fig. 212.

parte superiore *S*, attraversa i fori del diaframma e scende nella forma in getti sottili.

4ª *Colata in sorgente o a sifone* (fig. 212). Il metallo viene versato in un bacino *B*, dal quale passa, attraverso un canale a sifone *S*, nella forma e la riempie (per il principio dei vasi comunicanti) dal basso in alto. Questa colata è la migliore perchè non dà spruzzi, il riempimento avviene adagio ed uniformemente, l'aria ed i gas sono espulsi completamente e le eventuali scorie del metallo non possono entrare nella forma, ma rimangono a galla nel bacino.

I primi due tipi di colata van bene per forme piccole e poco profonde, gli ultimi due per forme grosse e profonde. Qualunque metodo si adotti, si deve sempre, quando la colata è finita, riempire di metallo tutti i respiri, i fori di colata e le materozze.

§ 66. - Finitura dei getti.

Quando il getto si è solidificato e raffreddato, bisogna estrarlo dalla forma. Questa operazione si chiama *scassettatura* e consiste nel distaccare il getto dalla forma rompendo la terra di questa con zappe, picconi, badili ecc. Dopo che il pezzo è stato estratto, si procede, quando è necessario, a trarne fuori le lanterne e sfasciare le anime mediante strumenti di ferro di forma adatta allo scopo. Si ha così il *getto greggio* ossia non ancora liberato di tutti i residui della colata e della terra rimastavi aderente. Per avere il *getto finito* si debbono compiere i lavori di finitura. Questi sono tre:

1° - *Sbavatura.*
2° - *Disabbiatura.*
3° - *Pulitura.*

La sbavatura consiste nel tagliare le appendici di metallo attaccate al pezzo (respiri, colate, materozze) e può farsi *a mano*, se le appendici sono sottili, con bulini, scalpelli, martelli, pinze troncatrici e lime, oppure *a macchina*, se le appendici sono di grosso diametro. In quest'ultimo caso si usano le *seghe a disco* o *i martelli pneumatici*. Questi ultimi, più comunemente adoperati, sono mossi dall'aria compressa e possono dare fino a 100 colpi al minuto.

La disabbiatura è l'operazione con cui si distacca dal pezzo la terra da fonderia che lo ricopre.

Può farsi a mano con un paletto di ferro (fig. 213) avente un estremo a raschietto e l'altro a punta; col primo si raschiano

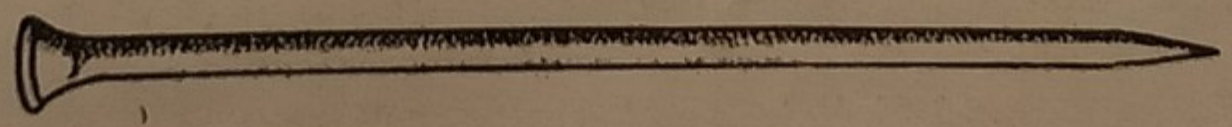


Fig. 213.

le superfici del getto e coll'ultima gli spigoli e gli angoli rientranti. Si finisce poi l'operazione con una spazzola metallica.

Se si procede a macchina ed i pezzi sono piccoli, la dissabbiatura si fa mettendo i pezzi dentro i *barili dissabbiatori*,

o le *campane dissabbiatrici*, che sono recipienti giranti dove i pezzi si urtano l'uno contro l'altro. I pezzi più grandi, come anche i piccoli quando sono numerosi, si dissabbiano *con un getto di sabbia spinto dall'aria compressa.* Questa operazione richiede misure di precauzione per gli operai (maschere, occhiali e guanti) e spesso i pezzi vengono collocati sopra una piattaforma orizzontale che si fa girare lentamente mentre vi si proietta contro il getto di sabbia.

La pulitura consiste nel nettare e lisciare la superficie del pezzo dissabbiato. Ciò si fa con lime dolci, tele smeriglio e mole portatili.

§ 67. - Difetti dei getti.

I getti possono presentare difetti di forma e di struttura, più o meno gravi, derivanti da cattiva qualità della mota (troppo umida o troppo carboniosa, poco permeabile o poco forte, oppure non abbastanza fina), da formatura non fatta a regola d' arte (difetto di spoglia o di rastremazione, cattiva pigiatura, insufficienza di respiri ecc.) oppure da cattiva esecuzione della colata (colata veloce, violenta, interrotta ecc.). I difetti più facili ad accertarsi sono: *gli avvallamenti, i risucchi* e *le screpolature, le spoglie* (pezzi di terra incorporati nel getto), *le rugosità*; i più difficili ad accertarsi, ma anche i più comuni sono: *le discontinuità* (stratificazioni interne di metallo dovute a riprese di colata), *le soffiature* (vuoti interni prodotti dai gas) e la *grana grossa* o *poco uniforme* (dipendente da cattiva qualità e poca fluidità del metallo). La fig. (214) mostra alcuni di questi difetti. Le soffiature si sentono dal suono sordo che dà il martello battuto sul pezzo in corrispondenza dei vuoti; i difetti di grana si osservano in frattura o provando colla lima una piccola parte del pezzo.

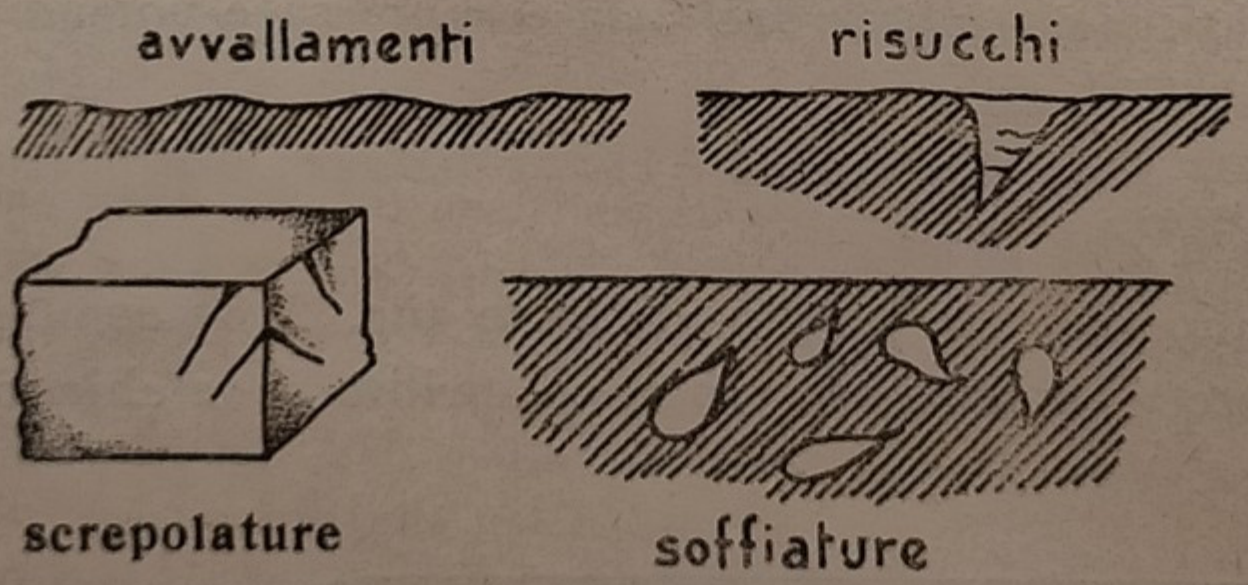


Fig. 214.

§ 68. - Saldatura.

Per saldatura si intende un processo mediante il quale si effettua l'unione di pezzi metallici sotto l'azione del calore, con o senza l'apporto di materiale metallico, in modo da realizzare nei tratti di collegamento la continuità tra i pezzi stessi.

Nella pratica con la parola saldatura si intende anche la zona ove ha luogo il collegamento dei pezzi.

Per effettuare una saldatura è quindi indispensabile una sorgente di calore che, secondo il procedimento di saldatura che si adotta, serve ad uno dei seguenti scopi:

1° - a fondere il metallo d'apporto che si interpone tra le parti da saldare e, solidificando, aderisce fortemente ai bordi e li unisce (come nella saldatura a stagno o *brasatura dolce*, nella *brasatura forte* e nella *saldobrasatura*);

2° - a fondere i lembi delle parti da saldare e l'eventuale metallo d'apporto *(saldatura per fusione)*. Il metallo d'apporto si aggiunge a quello dei lembi portati a fusione;

3° - a riscaldare i pezzi fino allo stato plastico (cioè fino a rammollimento). Il collegamento viene quindi effettuato mediante martellatura o pressione meccanica *(saldatura a pressione)*. Per usare questo procedimento i materiali devono possedere la proprietà tecnologica della saldabilità.

Il calore può essere fornito dalle sorgenti più svariate: dal fuoco di una fucina, da un forno, dalla combustione di un gas (ad es. acetilene), da un arco voltaico, dall'effetto termico della corrente elettrica, da una reazione chimica, (tra alluminio e ossido di ferro), dalla trasformazione dell'idrogeno atomico in idrogeno molecolare, ecc.

Da quanto è stato esposto si comprende che i procedimenti di saldatura sono piuttosto numerosi e possono classificarsi in vari modi.

Vi sono procedimenti:

a) senza metallo d'apporto (bollitura, saldatura elettrica a resistenza, ecc.)

b) con metallo d'apporto (saldatura ossiacetilenica, ad arco voltaico, ecc.).

Quando il metallo d'apporto è di natura diversa da quello che costituisce i pezzi da saldare (metallo base) la saldatura si dice *eterogenea* o *comune* mentre, quando il metallo d'apporto è della stessa natura del metallo base, la saldatura si dice *autogena* [1]).

I procedimenti di saldatura vengono distinti, nelle tabelle UNI, nelle seguenti classi: [2])

I) *brasatura* { dolce / forte

II) *saldobrasatura*

III) *saldature per fusione* { saldatura a gas / saldatura all'arco / saldatura in idrogeno atomico / saldatura alla termite

IV) *saldature a pressione* { saldatura a fuoco / saldatura a resistenza / saldatura a scintillio

§ 69. - Brasatura.

Nella brasatura il collegamento avviene generalmente per infiltrazione, tra le superfici sovrapposte dei pezzi da collegare, di materiale metallico che fondè per il riscaldamento delle superfici stesse.

Il procedimento si distingue, secondo che il materiale interposto ha punto di fusione più o meno elevato, in *brasatura forte* e *brasatura dolce* (o saldatura forte e saldatura dolce).

---

[1]) Sono saldature comuni la brasatura e la saldobrasatura; sono invece saldature autogene quelle per fusione e quelle a pressione sebbene tale denominazione non possa usarsi appropriatamente per tutti i procedimenti compresi in queste due classi di saldature.

[2]) Si è ritenuto opportuno modificare, per ragioni didattiche, l'ordine seguito nelle tabelle UNI.

La *brasatura dolce* (o saldatura dolce) non ha grande resistenza e viene fatta con materiale d'apporto avente punto di fusione basso, generalmente inferiore a 400° (stagno vergine oppure lega degli stagnai [55/60 % piombo, 45/40 % stagno]). Usasi per saldare ferro stagnato e zincato, rame stagnato, leghe stagno-piombo, piombo e zinco.

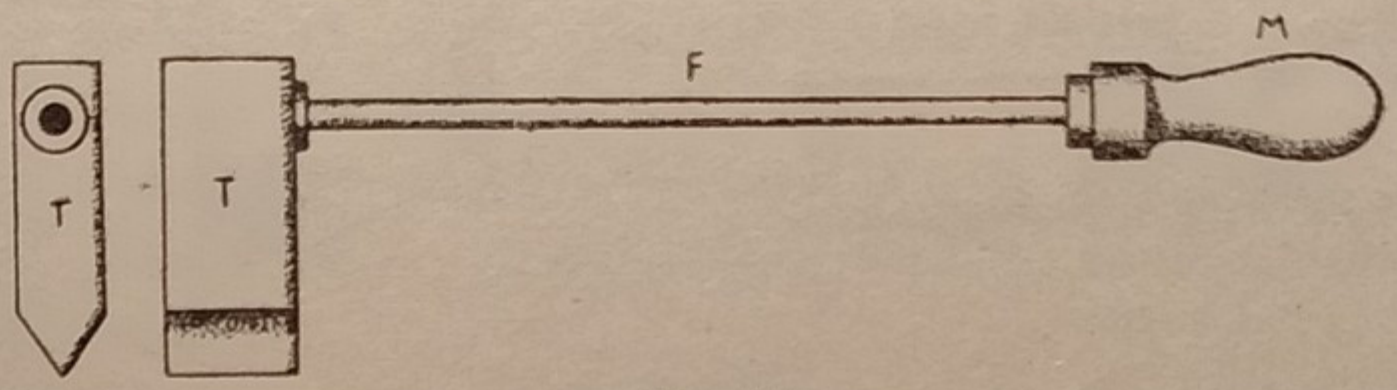


Fig. 215.

L'utensile per saldare si chiama *saldatoio* (fig. 215). Consta di tre parti: *la testa* di rame *T*, avente la forma di parallelepipedo terminante a cuneo, *il fusto* di ferro *F* ed il *manico* di legno *M*. Si riscalda la testa del saldatoio al calor rosso, mediante un fornello a carbone, a gas od a benzina, e si accosta alla verghetta di saldatura. Allora una piccola parte di questa fonde lasciandone una goccia attaccata allo spigolo. Si porta detto spigolo sulla giuntura dei pezzi e lo si fa scorrere lungo di essa, finchè il metallo saldante si sia disteso su tutta la giuntura. Perchè l'operazione riesca, bisogna che le superfici d'attacco dei due pezzi siano ben pulite e cosparse di *flusso* (sostanza deossidante). I flussi più usati sono: *il cloruro di zinco, il sale ammoniaco* e la *pece greca*.

Si usano anche saldatoi elettrici nei quali la testa del saldatoio viene riscaldata con la corrente elettrica.

La ***brasatura forte*** (o saldatura forte) è una saldatura di grande resistenza che si fa con metalli e leghe non facilmente fusibili (ottone per saldare, rame, argentana e argento). Si possono saldare colla brasatura il ferro e l'acciaio, la ghisa, il bronzo e l'ottone, ed in genere tutti i metalli che non fondono a temperatura bassa. Le superfici d'attacco debbono essere pulite e grandi il più possibile; perciò si preparano generalmente a forma di incastri semplici, a coda di rondine, a denti

ecc. Per impedire che i pezzi si distacchino durante l'operazione, si prepara un'armatura composta di morsetti, stecche, squadre e legature di filo di ferro ricotto.

L'ottone per saldare si usa

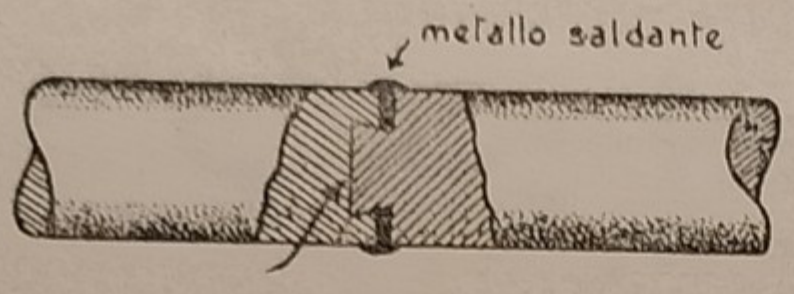


Fig. 216.

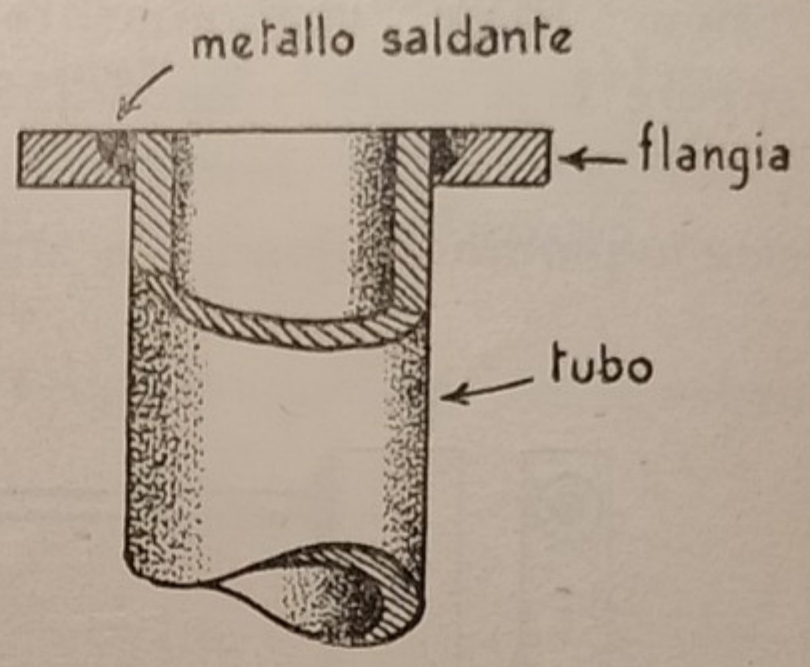


Fig. 217.

in granelli, fili e lamierini secondo la forma della giuntura. Fatta l'armatura, si dispone in corrispondenza della giuntura l'ottone per saldare (70 % di rame e 30 % di zinco) unito al borace (che funziona da deossidante), indi si espone tutto al calore. Si lascia l'apparecchio al calore per il tempo necessario alla fusione, poi si allontana, si fa raffreddare, si disfa l'armatura, si toglie la bavatura con la lima e si lucida con la tela smeriglio. Le figg. 216-217 mostrano due tipi comuni di brasatura: quello di due ferri tondi giuntati e quello di un tubo unito alla sua flangia.

§ 70. - Saldobrasatura.

Il collegamento avviene con metodo simile a quello usato per la saldatura a gas (vedi n. 72) senza però che i lembi da collegare vengano portati a fusione, impiegando materiale d'apporto diverso dal materiale base ed avente punto di fusione inferiore a quello del materiale base stesso.

I lembi, preparati come per la saldatura a gas (v. n. 72), si riscaldano con la fiamma e tra essi si cola il metallo d'apporto in modo da costituire un cordone.

La fiamma ossiacetilenica è quella che si presta meglio alla esecuzione della saldobrasatura.

Come metallo d'apporto si usa ottone al silicio. La saldobrasatura si usa per collegare pezzi di ghisa, di acciaio, leghe di rame e rame, ecc. Possono anche collegarsi pezzi di metalli diversi: acciaio dolce con ghisa o con rame, ecc.

§ 71. - Saldatura per fusione.

Nella saldatura per fusione il collegamento avviene, con o senza materiale d'apporto, per effetto della fusione localizzata dei lembi dei pezzi da saldare. Le saldature per fusione si distinguono in:

1° - *Saldatura a gas* (ossiacetilenica, ossidrica, ecc.);
2° - *Saldatura all'arco*;
3° - *Saldatura in idrogeno atomico* (o arcatomica);
4° - *Saldatura per fusione alla termite* (o alluminotermica).

§ 72. - Saldatura a gas.

Il calore necessario viene prodotto dalla combustione di un gas (acetilene, gas luce, idrogeno, ecc.). Generalmente la saldatura avviene con materiale d'apporto sotto forma di filo o di bacchetta.

Saldatura ossiacetilenica (o saldatura autogena). Consiste nel portare a fusione i lembi dei pezzi da saldare mediante il calore prodotto dalla combustione dell'acetilene in atmosfera d'ossigeno. Questi due gas si fanno giungere ad un cannello mediante il quale si produce una fiamma (fig. 218) che consente di raggiungere una temperatura di oltre 3000°.

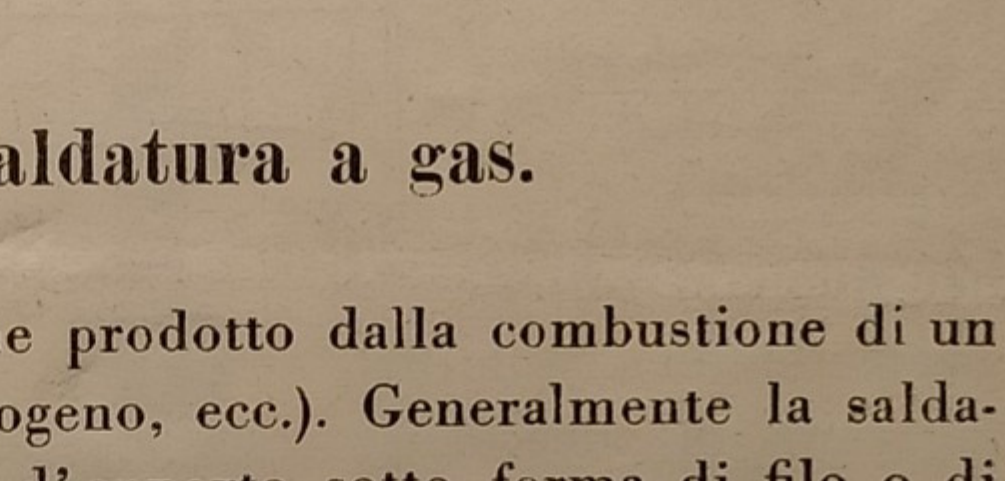


Fig. 218.

L'ossigeno è contenuto in una bombola d'acciaio, (fig. 219) contrassegnata con una fascia bianca, alla pressione di 120 ÷ 150 atmosfere. La pressione dell'ossigeno nella bombola diminuisce, per effetto del consumo, mentre la pressione al cannello (pressione di erogazione) deve mantenersi costante e non superiore a due atmosfere. Per questa ragione alla bombola di

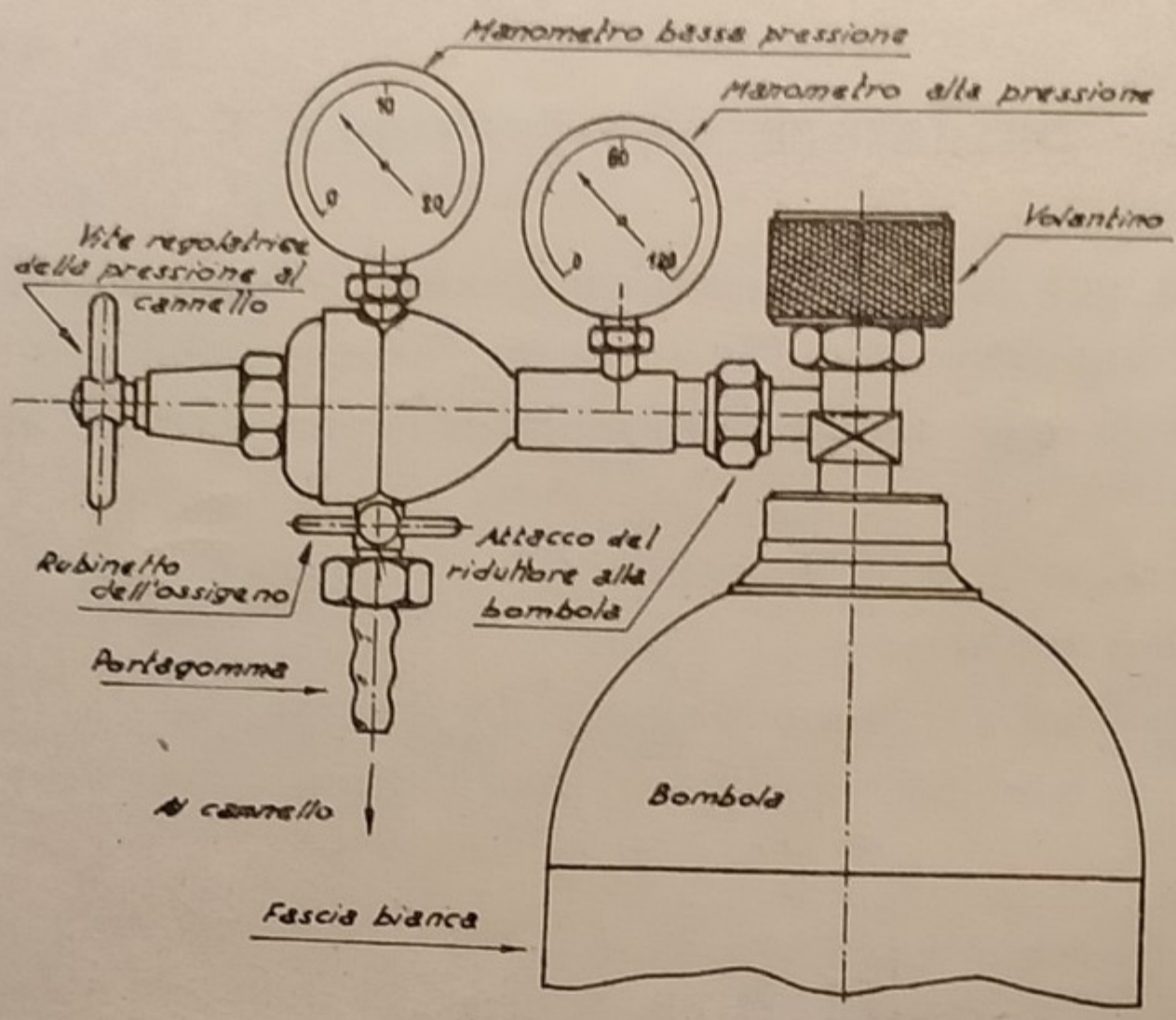


Fig. 219.

ossigeno è applicato un riduttore di pressione munito di due manometri: il primo segna la pressione nella bombola ed il secondo la pressione di erogazione che è regolabile mediante vite regolatrice.

L' acetilene si produce con appositi gassogeni nei quali si ottiene il gas mettendo a contatto il carburo di calcio con l'acqua. Per piccole officine si usa il gassogeno a caduta d'acqua (l' acqua cade sul carburo), per medie e grandi officine quello a caduta di carburo nell' acqua.

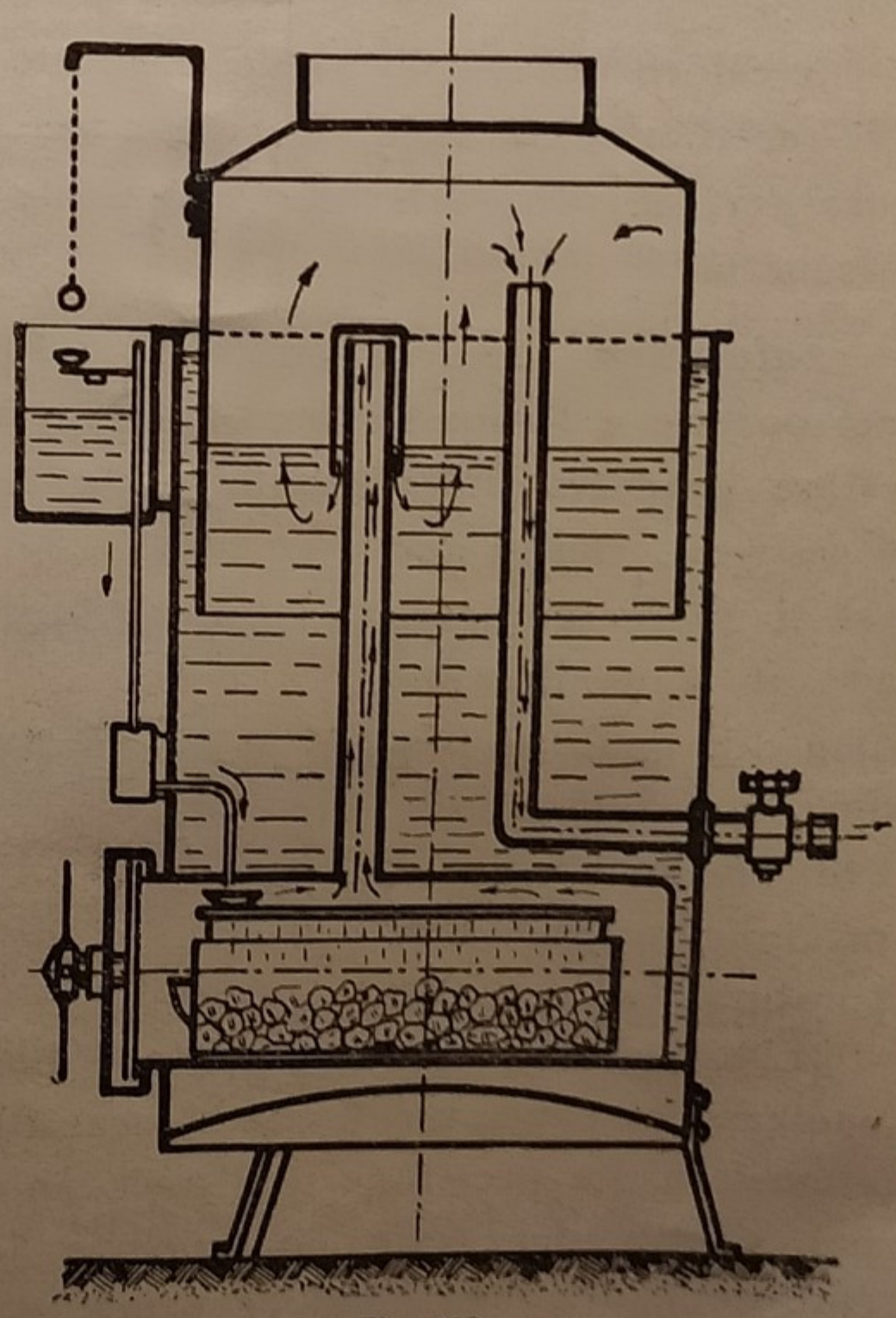


Fig. 220

Nel gassogeno a caduta d' acqua (fig. 220) il gas che si sviluppa viene raccolto in una campana immersa nell' acqua. Se si consuma il gas la campana si abbassa e provoca l' apertura di una valvola che regola la caduta dell'acqua sul carburo contenuto nei cassetti.

Vi sono anche gassogeni a pressione. L' acetilene prodotto dai gassogeni contiene sempre impurezze dannose che vengono eliminate mediante un *depuratore* (fig. 221) (recipiente che

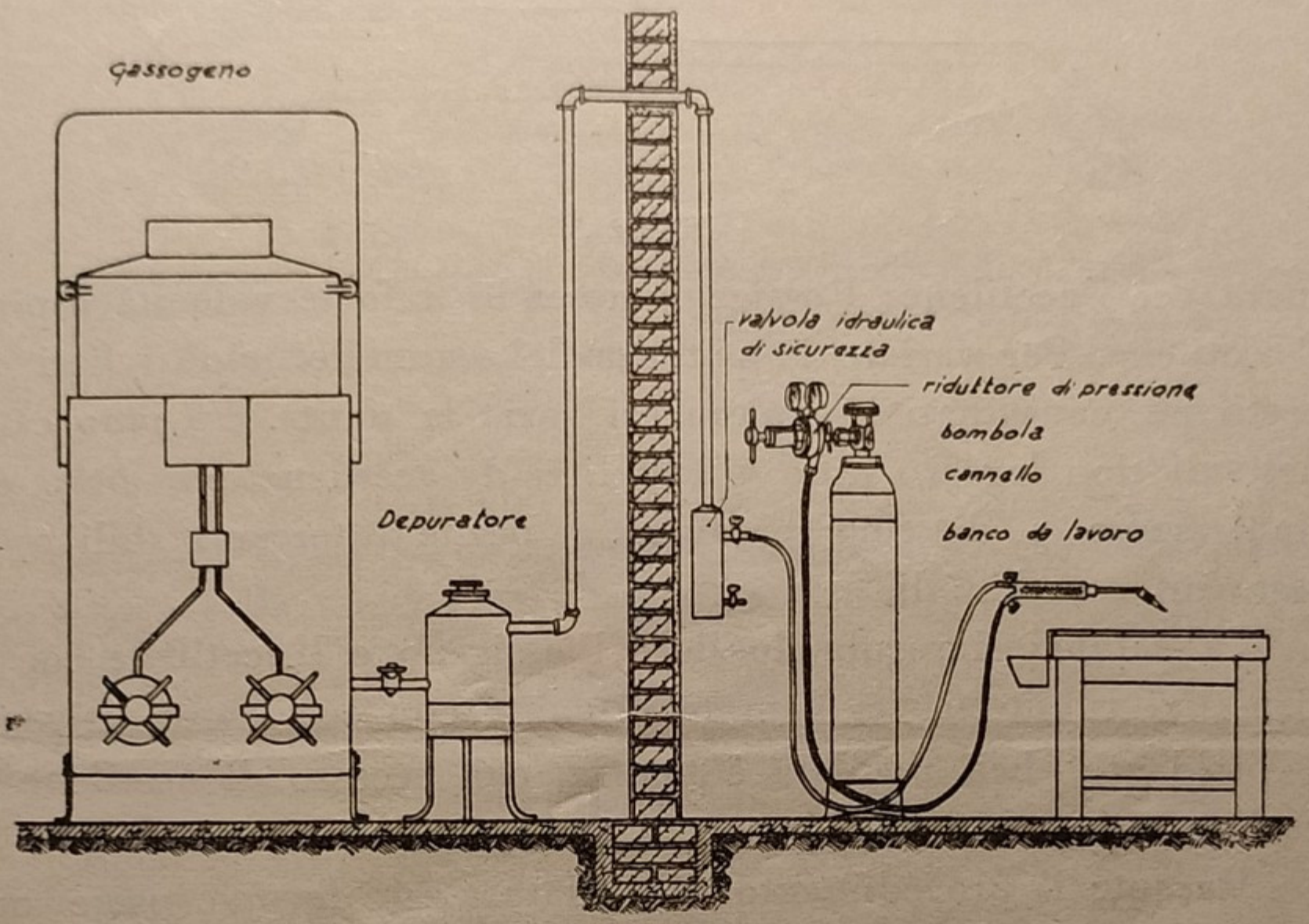


Fig. 221.

contiene la sostanza depurante) e, prima di giungere al cannello, attraversa una *valvola idraulica* di sicurezza (serve ad evitare pericolo di esplosione) ove gorgoglia in acqua.

L' acetilene (disciolto in acetone) può essere contenuto in bombole alla pressione di circa 20 atmosfere. Anche la bombola di acetilene deve essere munita di riduttore di pressione.

I cannelli per saldature possono essere per acetilene ad alta pressione (fig. 222) e per acetilene a bassa pressione (fig. 223).

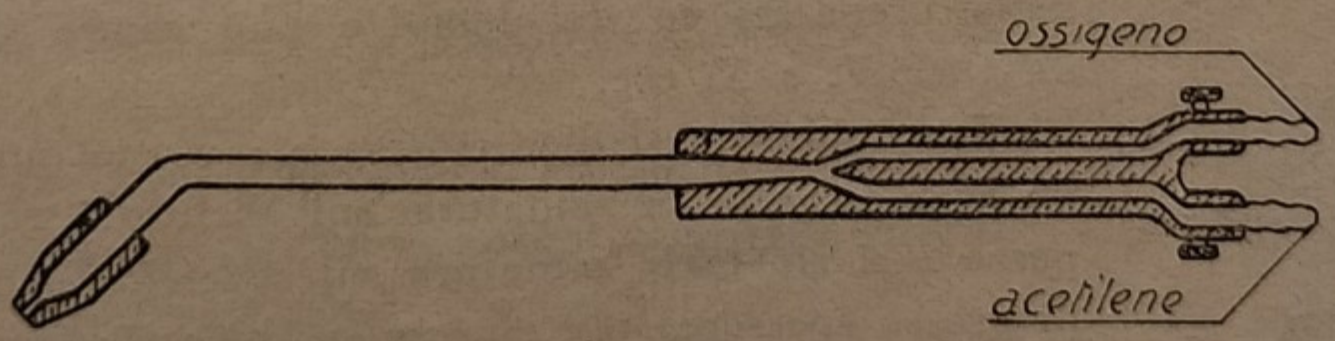


Fig. 222.

I cannelli ad alta pressione hanno una conduttura per l'ossigeno ed una per l' acetilene che, ad un certo punto, si uniscono.

Quelli a bassa pressione, più diffusi dei precedenti, hanno una conduttura interna per l'ossigeno circondata da una ca-

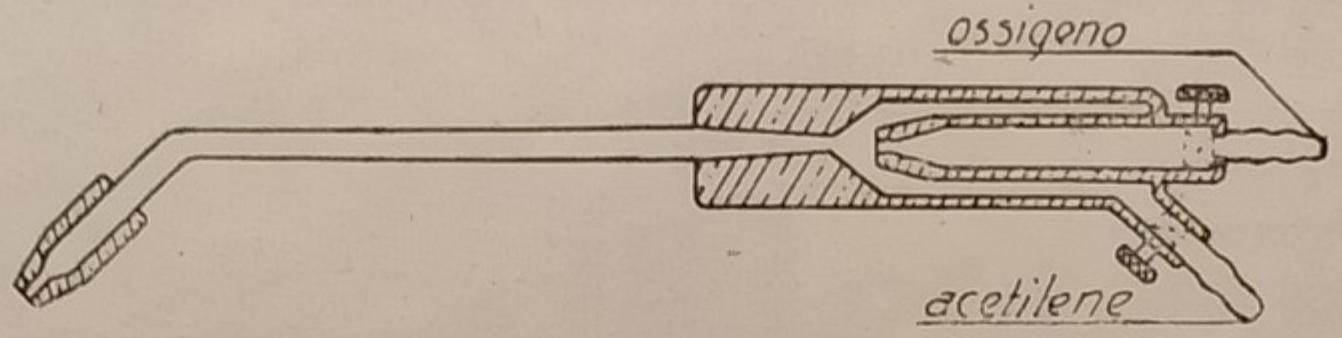


Fig. 223.

mera per l'acetilene: l'ossigeno uscendo a forte velocità aspira l'acetilene. Per variare la potenza del cannello, cioè i litri di acetilene consumati in un'ora, si varia la punta. Vi sono cannelli di tipo leggero (fino a 150 litri di acetilene per ora), di tipo medio e di tipo pesante, a punte intercambiabili o a teste intercambiabili.

La fiamma si regola dosando l'ossigeno e l'acetilene con i rispettivi rubinetti. La fiamma ottenuta con eccesso di ossigeno è ossidante, ben regolata è neutra, con eccesso di acetilene è carburante.

Durante il procedimento di saldatura si devono usare occhiali con vetri colorati per proteggere la vista.

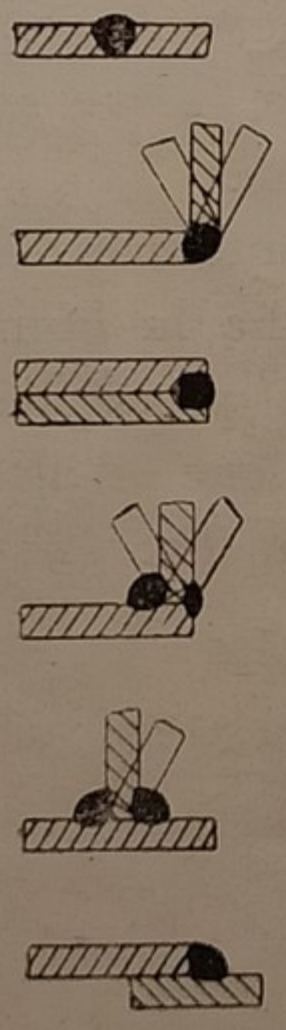


Fig. 224.

Preparazione dei pezzi e forma della saldatura. Le saldature per fusione si distinguono:

1° - *per la posizione reciproca dei pezzi da saldare* (giunto saldato).

Secondo la posizione reciproca dei pezzi da saldare si hanno giunti (fig. 224 - *a*) di testa, *b*) di spigolo, *c*) d'orlo, *d*) ad L, *e*) a T, *f*) a sovrapposizione;

2° - *per la forma della saldatura.*

Secondo la forma le saldature si distinguono:

a) per la forma della sezione tipica che dipende dalla preparazione dei lembi e può essere (fig. 225) da U, a V, a X, ecc.

Una saldatura si dice ripresa a rovescio quando, dopo aver eseguito la saldatura sul diritto si rovescia il pezzo e si ripete la saldatura sul rovescio (per lamiere di grosso spessore). La ripresa a rovescio può anche eseguirsi contemporaneamente alla saldatura.

b) Secondo la forma della superficie esterna (piana, concava o convessa).

c) Secondo che la saldatura è continua o interrotta.

La figura 225 indica la preparazione dei bordi per le giunzioni di testa in relazione allo spessore delle lamiere da saldare.

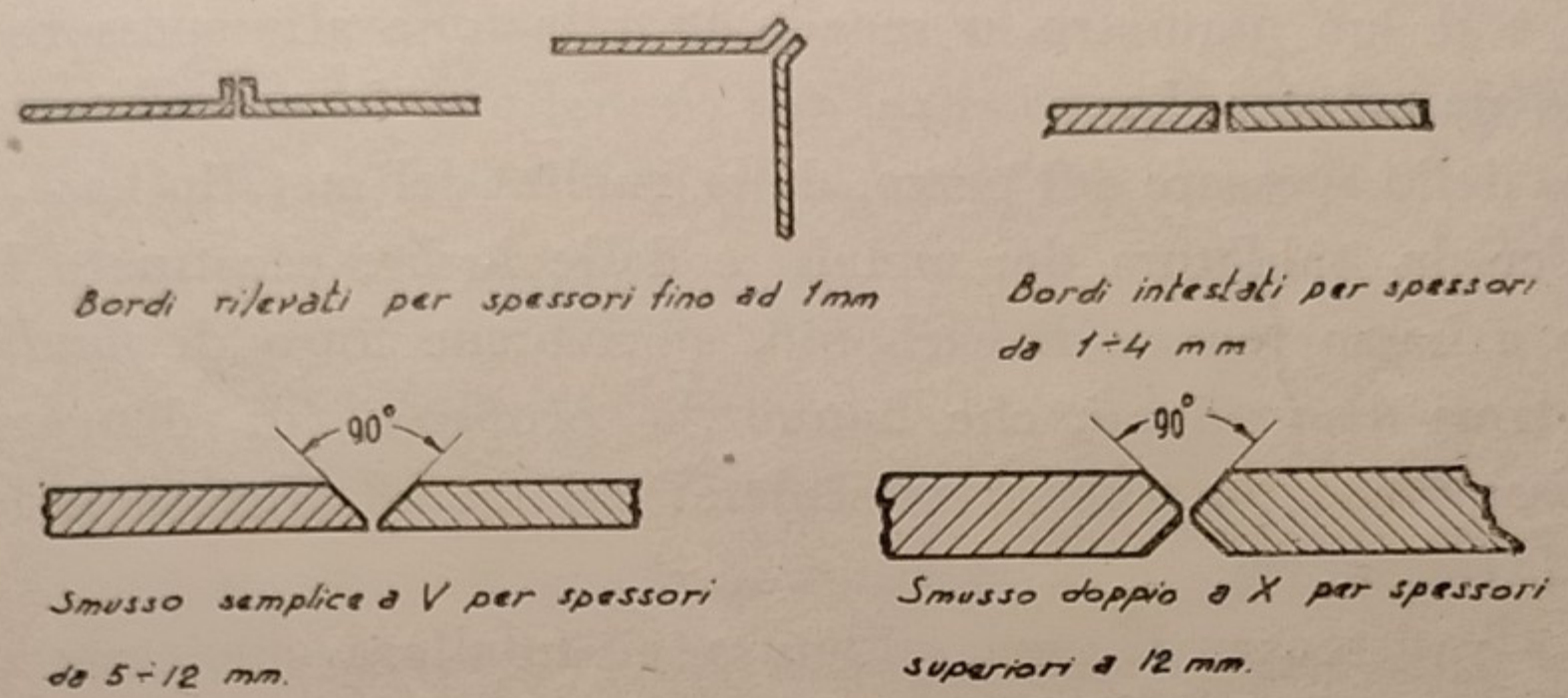


Fig. 225.

Saldatura a sinistra e saldatura a destra. A seconda dello spessore della lamiera da saldare la saldatura si effettua con due metodi fondamentali:

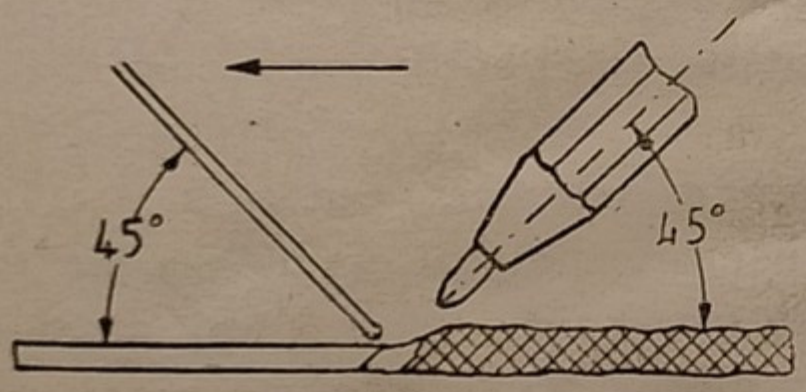


Fig 226.

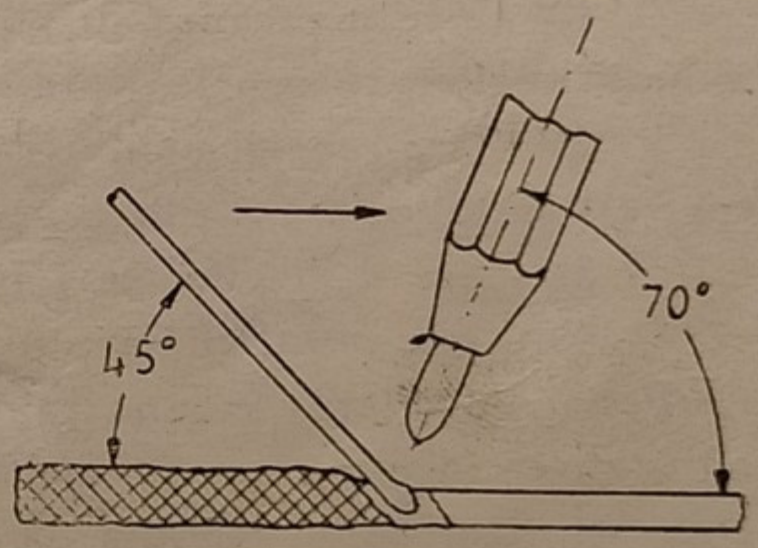


Fig. 227.

1° - *saldatura verso sinistra* (fig. 226), o in avanti: per spessori inferiori a 5 mm.;

2° - *saldatura verso destra* (fig. 227), o all'indietro: per spessori superiori a 5 mm.

Nella saldatura verso sinistra la punta della bacchetta di metallo d'apporto e il dardo della fiamma avanzano da destra a sinistra; nella saldatura verso destra avanzano da sinistra a destra.

Metallo d'apporto e fondenti. La saldatura ossiacetilenica si applica per saldare acciaio, ghisa, rame e sue leghe, alluminio e sue leghe, ecc.

Serve comunemente a saldare profilati e lamiere, ad unire tubi, a costruire serbatoi in lamiera, a effettuare riporti di materiale, a riparare rotture, ecc.

Il *metallo d'apporto*, che si usa generalmente sotto forma di filo, deve avere all'incirca la stessa composizione del metallo base e il suo diametro si sceglie in relazione allo spessore del pezzo da saldare. La *potenza del cannello* si determina tenendo conto dello spessore del pezzo, della qualità del metallo base, ecc.

Per la saldatura dei metalli e delle leghe, eccettuato l'acciaio a basso tenore di carbonio, si richiede l'uso di *fondenti*, o polveri disossidanti, che hanno la proprietà di distruggere gli ossidi che potrebbero mescolarsi col metallo fuso e indebolire la saldatura.

La resistenza di una saldatura si migliora mediante martellatura a caldo e con adatto trattamento termico (normalizzazione: vedi trattamenti termici).

Principali difetti delle saldature a gas. Una saldatura può risultare difettosa:

1° - per mancanza di penetrazione. Per grossi spessori la saldatura si può migliorare con la ripresa a rovescio;

2° - per scarsa adesione del metallo d'apporto sui bordi o incollatura (il metallo d'apporto è venuto a contatto con i bordi non ancora fusi);

3° - per dislivello tra i bordi;

4° - per assottigliamento del cordone di saldatura, ecc.

Per controllare se una saldatura è bene eseguita si esamina a diritto ed a rovescio e per provarne la resistenza meccanica, senza l'uso di speciali attrezzature, si effettua la piegatura prima da una parte e poi da quella opposta.

§ 73. - Ossitaglio.

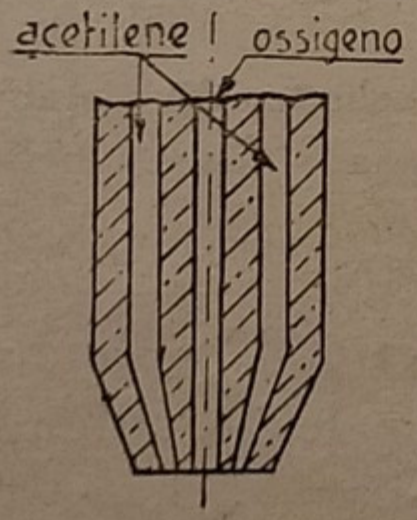


Fig. 228.

Il ferro e l'acciaio portati all'incandescenza bruciano se si trovano in atmosfera di ossigeno. Per effettuare quindi il taglio si usa un cannello fig. 228 apposito capace 1) di produrre la fiamma ossiacetilenica (fiamma di riscaldo), che serve a rendere incandescente il metallo, 2) di emettere un getto di ossigeno puro che determina la combustione del materiale incandescente.

Il taglio si inizia da uno spigolo del pezzo ovvero da un foro appositamente praticato.

§ 74. - Saldatura all' arco.

Nella saldatura all'arco il calore necessario viene prodotto dall' arco voltaico [1]) stabilito tra l' oggetto da saldare e un elettrodo.

La saldatura all' arco può effettuarsi :

a) con elettrodo metallico ;

b) con elettrodo di carbone.

Saldatura con elettrodo metallico: l'elettrodo (costituito da un filo o bacchetta metallici nudi, animati o rivestiti) fornisce con la propria fusione il materiale d'apporto. L'arco con la sua alta temperatura (fig. 229) fonde l' estremità della bacchetta che proietta continuamente goccioline di metallo d'apporto su quello base, ugualmente fuso, in modo da ottenere un deposito di saldatura (cordone) che fa corpo col metallo preesistente. La distanza tra l' elettrodo ed il pezzo da saldare si deve mantenere uguale a circa tre millimetri.

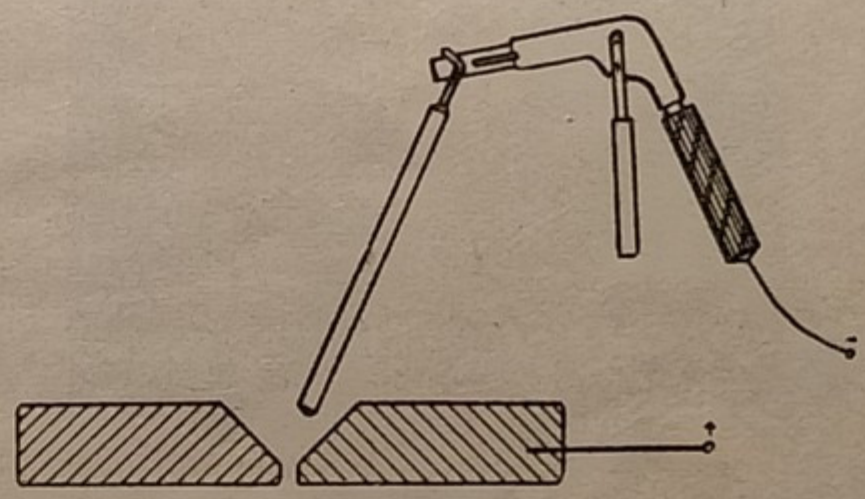


Fig. 229.

In relazione allo spessore dei pezzi da collegare si stabilisce il diametro dell' elettrodo e l' intensità della corrente.

Con questo procedimento (Slavianoff) si ha il vantaggio di manovrare solo l' elettrodo mentre nella saldatura a gas si manovrano separatamente la bacchetta del metallo d' apporto ed il cannello.

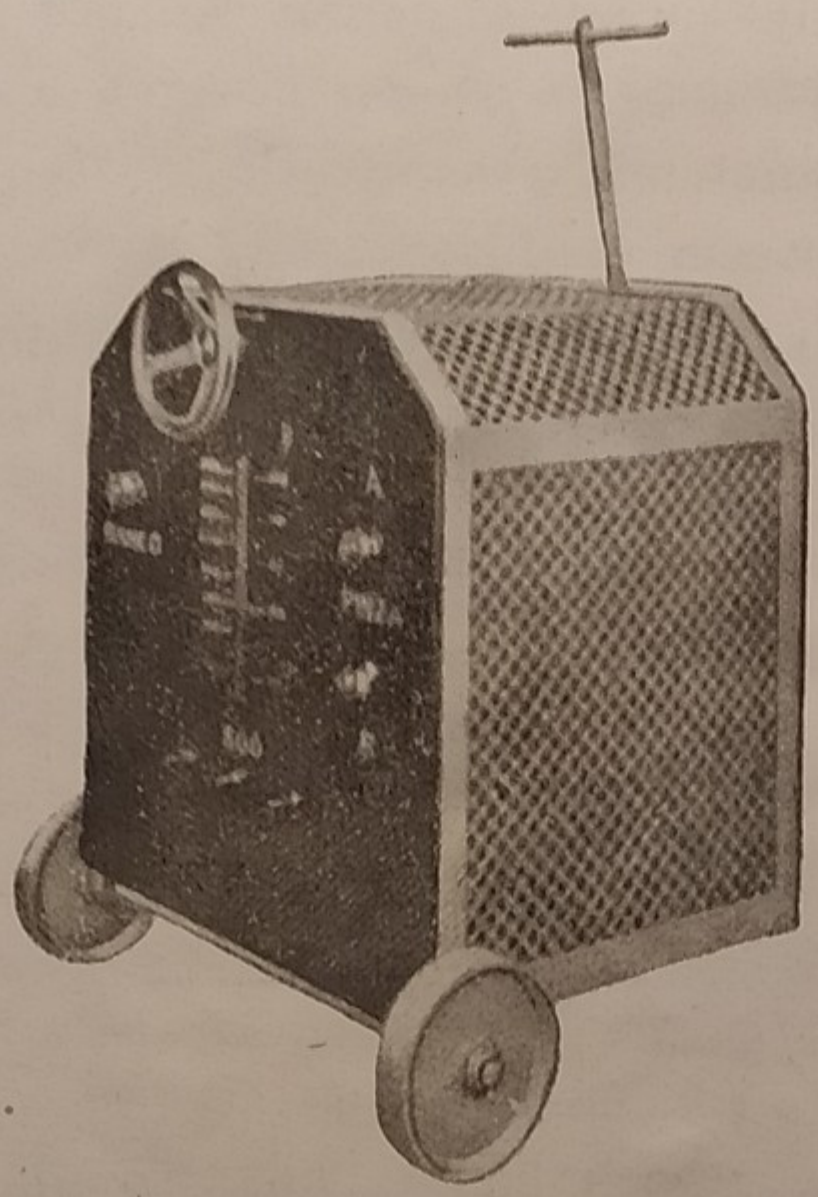
Gli elettrodi possono avere l' anima non metallica, che serve a stabilizzare l' arco, oppure possono essere rivestiti per proteggere il metallo dal contatto con l' aria che lo danneggerebbe, data la temperatura elevatissima.

---

[1]) Se si avvicinano due conduttori (elettrodi), collegati ai poli di un generatore, scocca tra di essi una scintilla (arco voltaico) che si mantiene anche se vengono leggermente allontanati. La temperatura dell' arco supera i 3500°.

I pezzi vengono preparati come si è detto al numero precedente.

Per effettuare la saldatura ad arco si impiegano saldatrici che possono essere a corrente alternata (saldatrici statiche) (fig. 230) o a corrente continua (saldatrici rotanti).



Saldatrice statica
(Elettromeccanica Lombarda) - Fig. 230.

Dalla saldatrice partono due cavi flessibili: uno è collegato alla pinza che porta l'elettrodo, l'altro viene fissato la pezzo da saldare mediante un morsetto.

Saldatura con elettrodo di carbone: si effettua con o senza materiale d'apporto e con eventuale protezione del metallo in fusione mediante gas protettivo.

Durante il procedimento di saldatura si devono usare maschere con vetri capaci di assorbire le radiazioni nocive dell'arco elettrico.

§ 75. - Saldatura in idrogeno atomico (arcatomica).

Nella saldatura in idrogeno atomico l'arco elettrico (innescato tra elettrodi metallici ad alto punto di fusione) in atmosfera di idrogeno produce il calore necessario alla fusione. Generalmente il collegamento avviene con materiale d'apporto sotto forma di filo o di bacchetta.

L'arco (fig. 231) scocca tra due elettrodi di tungsteno sostenuti da due ugelli

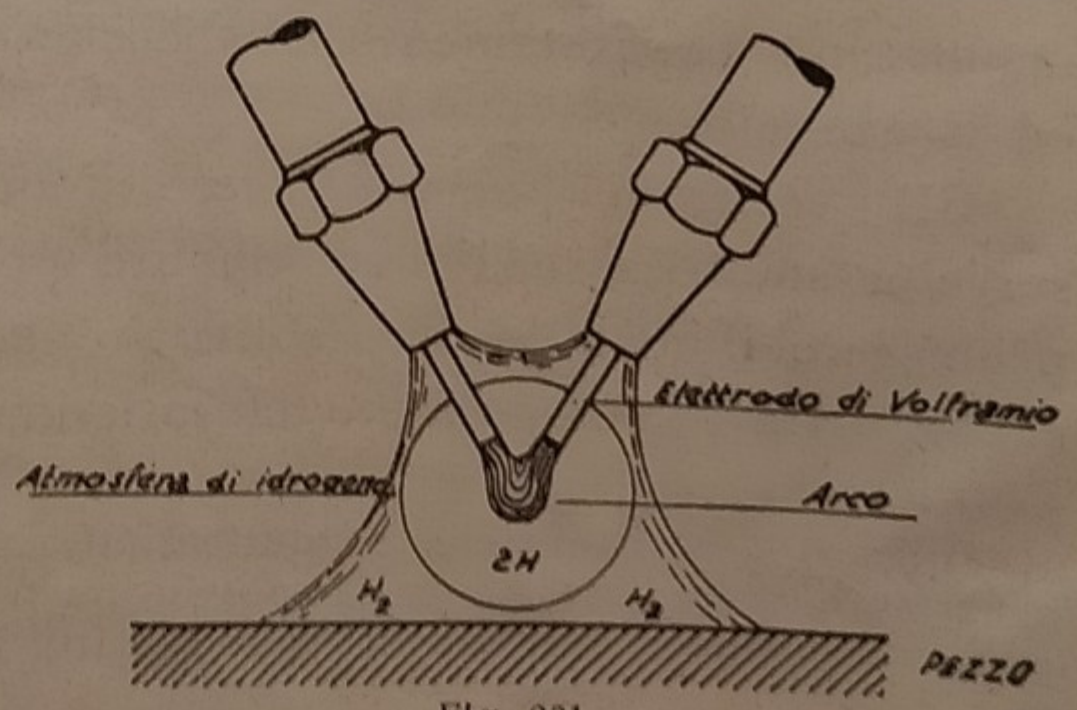


Fig. 231.

dai quali esce un getto di idrogeno. Il calore sviluppato dall'arco dissocia le molecole di idrogeno in atomi. Ai bordi dell' arco gli atomi si ricompongono in molecole e restituiscono il calore assorbito per la dissociazione: si raggiunge una temperatura di circa 4000° che provoca la fusione localizzata dei lembi. L' idrogeno protegge il metallo fuso dall' ossidazione.

§ 76. - Saldatura alla termite (alluminotermica).

Nella saldatura alla termite il calore necessario viene prodotto dalla reazione esotermica [1]) che si provoca tra i componenti della termite (alluminio e ossido di ferro). Il materiale d' apporto è costituito dal ferro fuso che ne risulta. Talvolta viene anche esercitata pressione tra i due pezzi.

Le parti da saldare vengono racchiuse entro una forma di colata e preriscaldate. Con una fiamma si provoca la reazione e il ferro fuso prodotto cola assicurando il collegamento dei pezzi.

Il procedimento è applicato alla saldatura di rotaie.

§ 77. - Saldature a pressione.

Nelle saldature a pressione i pezzi, riscaldati localmente allo stato plastico od anche allo stato di fusione, vengono uniti con l' ausilio di pressione meccanica o di percussione. Generalmente non si fa uso di materiale d' apporto. Le saldatura e pressione si distinguono in:

1° - *saldatura a fuoco* (bollitura, saldatura al gas d' acqua, ecc.);

2° - *saldatura a resistenza*;

3° - *saldatura a scintillio.*

§ 78. - Saldatura a fuoco.

Nella saldatura a fuoco i pezzi (portati alla temperatura necessaria a mezzo di fucina, di forno o di adatti bruciatori nei quali viene effettuata la combustione di gas) vengono collegati mediante martellatura o pressione meccanica.

Della bollitura si è già trattato a pag. 139.

---

[1]) Una reazione chimica si dice esotermica quando avviene con sviluppo di calore.

§ 79. - Saldatura a resistenza.

Nella saldatura a resistenza il calore necessario viene prodotto dalla resistenza opposta al passaggio della corrente elettrica attraverso le superfici di contatto dei pezzi da saldare.

Le principali forme di saldatura a resistenza sono:

1° - saldatura di testa;

2° - saldatura a punti.

Saldatura di testa. È noto che un conduttore percorso da corrente elettrica sviluppa calore: la quantità di calore sviluppato dipende dalla resistenza del conduttore e dalla intensità della corrente.

Due sbarre da saldare presentano la massima resistenza nella zona di contatto nella quale si verificherà quindi il massimo riscaldamento.

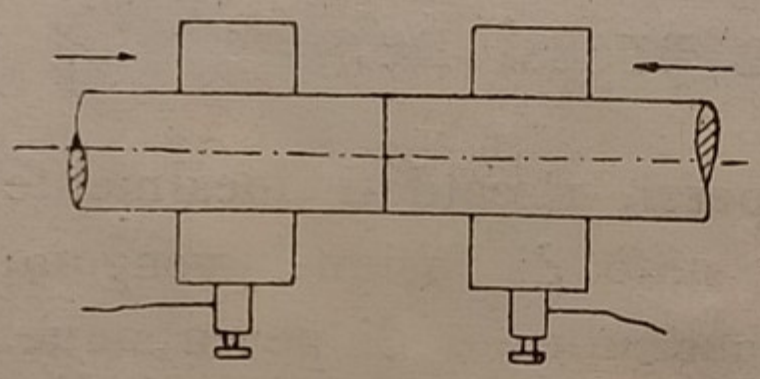


Fig. 232.

Con una corrente sufficientemente intensa si portano allo stato pastoso le estremità delle sbarre e mediante pressione si ottiene la saldatura (fig. 232).

Saldatura per punti. È un procedimento di saldatura analogo al precedente che si usa specialmente per saldare lamiere sottili.

I due lembi da saldare sono sovrapposti e vengono serrati da due elettrodi di rame (fig. 233) raffreddati all'interno con circolazione di acqua. La corrente che attraversa le lamiere riscalda fortemente la zona di contatto (di superficie uguale alla punta dell'elettrodo) e provoca la saldatura. I punti saldati, posti a distanza conveniente uno dall'altro (passo), equivalgono ad una chiodatura.

Invece degli elettrodi si possono usare dei dischi rotanti che scorrendo lungo la giunzione consentono di ottenere una saldatura continua ovvero interrotta (a tratti).

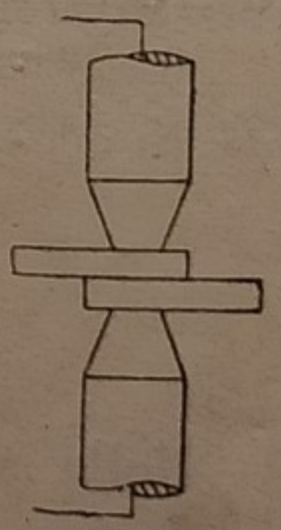


Fig. 233.

§ 80. Saldatura a scintillio.

Nella saldatura a scintillio il calore necessario viene prodotto dagli archi voltaici che si formano tra i lembi affacciati dei pezzi da saldare.

§ 81. - Trattamenti termici degli acciai.

I pezzi d'acciaio che costituiscono organi importanti di macchine od utensili per la lavorazione dei metalli (utensili da tornio, da piallatrice, limatrice ecc. maschi, cuscinetti da filiere, punte da trapano, alesatori, scalpelli, ugnetti, lame da pialla e da sega ecc.) richiedono, per poter bene sopportare le sollecitazioni a cui vengono sottoposti nel movimento e nel lavoro, una accurata preparazione. Questa preparazione ha lo scopo di provocare in tali oggetti, con l'azione più o meno prolungata del calore, una variazione di struttura capace di migliorare le qualità meccaniche degli oggetti stessi. Le diverse operazioni con cui si ottiene tale miglioramento si dicono *trattamenti termici* e sono:

1° - *Tempra (di durezza).*
2° - *Rinvenimento.*
3° - *Bonifica.*
4° - *Ricottura.*
5° - *Normalizzazione.*
6° - *Cementazione.*
7° - *Nitrurazione.*
8° - *Malleabilizzazione.*

Trattamento termico: È una operazione od una combinazione di operazioni mediante le quali un metallo od una lega metallica vengono assoggettati, allo stato solido, ad uno o più cicli termici entro temperature e per tempi determinati nell'intento di impartire loro determinate proprietà.

§ 82. Tempra.

E' il trattamento termico con cui si aumenta la durezza dell'acciaio in tutta la massa trattata. Se si riscalda gradatamente ed uniformente un pezzo d'acciaio ordinario, portandolo ad una conveniente temperatura (compresa, per gli acciai al carbonio, tra 750° e 850°) che dipende dalla natura dell'acciaio,

non appena esso raggiunge tale temperatura (punto critico superiore o temperatura superiore di trasformazione dell'acciaio), avviene una più intima mescolanza (soluzione solida) di *ferrite* e *cementite* (costituenti cristallini dell' acciaio).

Lasciando raffreddare lentamente la lega dopo tale modificazione, la sua struttura interna ritorna quale era prima della trasformazione e quindi l' acciaio perde la durezza acquistata, mentre, se lo si raffredda bruscamente in un bagno refrigerante (acqua od altro liquido), la modificazione non solo rimane, ma provoca la formazione della cosiddetta MARTENSITE, che è una sostanza aghiforme, cristallina, molto dura. Siccome poi la martensite è tanto più dura, quanto più carbonio contiene, ne consegue che l'*acciaio è tanto più temprabile quanto maggiore è la sua percentuale di carbonio*. Infatti gli acciai dolcissimi ed extradolci, se pure possono alquanto indurirsi a più alta temperatura, non prendono normalmente la tempra e gli altri acciai si temprano tanto più, quanto più sono duri.

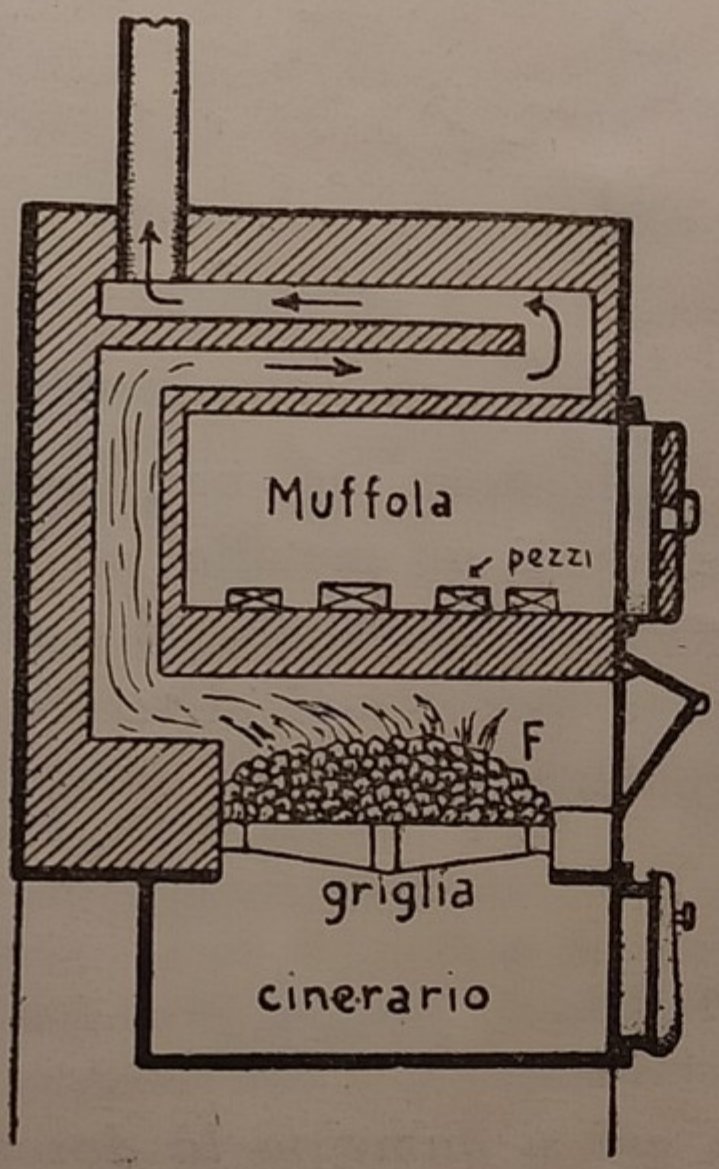


Fig. 234.

Il riscaldamento dei pezzi da temprare si fa in forni adatti *(forni da tempra)*, tenendoli al riparo dall'aria esterna e dai gas prodotti dalla combustione entro un ambiente chiuso situato nel forno stesso e detto *muffola* (fig. 234). Detti forni possono essere a carbone, ad olio pesante, a gas oppure elettrici. Se, in mancanza di meglio, si deve usare la fucina, si riscaldano i pezzi dentro un tubo di ferro che li ripari dal getto d'aria dell'ugello.

Il miglior tipo di riscaldo è però, specie per i piccoli pezzi, il *bagno di sali fusi* (cloruri di potassio e di bario) che evita l' ossidazione dei pezzi quando sono estratti dal bagno di riscaldo per immergerli in quello di raffreddamento.

La temperatura adatta per la tempra dipende, come s' è detto, dalla qualità dell' acciaio ed è generalmente tanto più bassa quanto più l' acciaio è duro.

Per gli acciai ordinari si può usare la seguente tabella:

acciaio semiduro, rosso ciliegio (800°); *acciaio duro*, rosso ciliegio un po' scuro (780°); *acciaio durissimo*, rosso ciliegio nascente (750°); *acciaio extraduro*, un po' meno (740°).

Gli acciai rapidi, se non vi sono prescrizioni dei fabbricanti, si riscaldano a 1300°.

Il bagno di raffreddamento, che deve farsi subito dopo il riscaldamento, *si sceglie secondo il grado di tempra che si desidera*, giacchè la maggiore o minore conservazione dello stato martensitico dell' acciaio dipende dalla natura del bagno e dalla velocità del raffreddamento prodotto da questo.

La velocità di raffreddamento è poi tanto più grande quanto più bassa è la temperatura del bagno e quanto più piccoli sono i pezzi. Praticamente, se si vuole una *tempra forte*, si usa l' acqua a $15° \div 20°$; per una *tempra moderata* si spegne prima il pezzo nell' acqua e poi si raffredda completamente nell' olio o nel petrolio; per una *tempra dolce* si ricorre all' acqua calda fino a 100°, all' acqua coperta d' olio, all' olio di pesce o d' ulivo ecc.; per una *tempra dolcissima* serve il bagno di piombo fuso, fatto però colle precauzioni necessarie per evitare che il metallo si attacchi al pezzo.

L' acqua deve essere abbondante e pulita, il recipiente largo e capace, ed il pezzo va immerso verticalmente, nel senso dell' asse principale, e fatto discendere e salire alternativamente, con moto elicoidale, attorno all' asse della vasca, fino a che, toccando il pezzo colla mano, lo si senta freddo. Se si usa olio di ulivo, ne occorre almeno un peso doppio di quello del pezzo.

Il raffreddamento in olio conferisce una durezza minore ma riduce il pericolo delle fenditure, che è maggiore per i pezzi di forma complicata. Minore è la velocità di raffreddamento e minore è la durezza. La tempra produce sempre deformazioni: per eliminarle si lascia sul pezzo un soprametallo che viene asportato dopo la tempra, mediante molatura.

§ 83. - Rinvenimento.

Il rinvenimento è il trattamento termico con cui si attenuano le tensioni interne e si restituisce all'acciaio la resilienza perduta per effetto della tempra, allo scopo di rendere i pezzi temperati più resistenti agli sforzi meccanici a cui sono destinati. Il rinvenimento inoltre diminuisce alquanto la durezza.[1]). Esso va fatto, subito dopo il raffreddamento di tempera, riscaldando gradatamente ed uniformemente il pezzo, dopo pulitura con tela smeriglio. Allora, man mano che la temperatura del pezzo si eleva da 220° a 330° (e non oltre 400° per gli acciai ordinari), si vedono successivamente apparire sulla sua superficie dei colori caratteristici, dovuti a stati d'ossidazione superficiale, detti *tinte di rinvenimento*, secondo la seguente tabella:

Giallo paglia	225°	Viola	285°
Giallo oro	240°	Bleu	295°
Giallo scuro	255°	Azzurro	315°
Rosso.	265°	Grigio-azzurro.	330°
Rosso porpora	275°	Grigio	400°

Il colore a cui si deve fare il rinvenimento dipende dall'uso a cui è destinato il pezzo o l'utensile trattato e dalla specie dell'acciaio trattato. Per gli acciai speciali è bene seguire le prescrizioni dei fabbricanti. Per quelli ordinari si tenga presente che *il colore deve essere tanto più scuro quanto maggiore è la tenacità richiesta e tanto più chiaro quanto maggiore è la durezza necessaria* per l'uso del pezzo o dell'utensile. Così, per es., gli utensili lavoranti senza urto (utensili da tornio e piallatrice, frese, punte da trapano ed alesatoi) si fanno rinvenire al giallo; quelli lavoranti con urto (punzoni, maschi, utensili da ebanista, cesoie, martelli, bulini) al rosso porpora od al viola; quelli che debbono avere grande tenacità

---

1) Negli acciai rapidi il rinvenimento può apportare un aumento di durezza (durezza secondaria).

(scalpelli, seghe, succhielli, cacciaviti ecc.) al bleu od all'azzurro. Anche le molle si fanno rinvenire all' azzurro.

Non appena si distingue la tinta di rinvenimento, si deve immergere il pezzo nell' acqua e farlo raffreddare definitivamente.

Non sempre il calore occorrente per il rinvenimento si ottiene riscaldando il pezzo dopo il bagno di tempera. *Alcune volte, specie per gli utensili da taglio* (scalpelli, frese, utensili da tornio, da piallatrici e simili) *tale calore si trae dal pezzo stesso, interrompendo il raffreddamento dopo la tempera.* Si ha così il *rinvenimento dall'interno* così detto per distinguerlo dall' altro tipo di rinvenimento (rinvenimento dall' esterno). In tal caso la parte tagliente dell' utensile, dopo che questo è stato estratto dal forno di tempera, si spegne nell' acqua e si fa raffreddare quanto basta per conservare il calore occorrente a farlo rinvenire (1 minuto ogni mm. di spessore), poi si tira fuori dal bagno, si pulisce con tela smeriglio, e, non appena si forma sulla sua superficie la tinta adatta, si finisce di raffreddare nell' acqua.

Il riscaldamento per ottenere il rinvenimento dall' esterno può farsi: nell' olio bollente, nel bagno di sali fusi (nitrati di sodio e potassio), nella lega di stagno-piombo fusa e nella sabbia riscaldata in un recipiente di lamiera posto sul fuoco. I migliori metodi sono il 2° ed il 3°; in officina si usa l' ultimo, mettendo il pezzo dentro la sabbia e rivoltandolo spesso perchè il riscaldo sia uniforme.

Il rinvenimento, oltre che per ridurre la fragilità del pezzo (generamente utensile), si effettua anche per i seguenti scopi:

1° - Evitare che, col passare del tempo, il pezzo (calibri, strumenti di misura) possa deformarsi per effetto delle tensioni interne prodotte dalla tempera.

Il trattamento, che prende il nome di *stagionatura*, si effettua riscaldando il pezzo a 130° e mantenendovelo per parecchie ore.

2° - Per migliorare le caratteristiche meccaniche dell' acciaio (generalmente da costruzione) rendendone la struttura più fine ed omogenea.

Il trattamento complessivo di tempera e rinvenimento, praticato sugli acciai da costruzione, prende il nome di *bonifica*.

Il rinvenimento di bonifica si effettua riscaldando il pezzo tra 400° e 600° e raffreddando in acqua o in olio.

§ 84. - Ricottura.

E' il trattamento termico con cui si toglie la tempera ai pezzi temperati, si distrugge l'incrudimento, si ottiene la massima dolcezza e malleabilità, e si preparano alla tempera gli acciai non troppo omogenei. La ricottura si ottiene riscaldando il pezzo da ricuocere gradatamente ed uniformemente fino ad una temperatura dipendente dalla qualità dell' acciaio (punto superiore di trasformazione) e poi facendolo raffreddare lentamente. Questa operazione si fa in forni speciali *(forni di ricottura)*, simili a quelli usati per la tempera, e la temperatura, come in tutti i forni per trattamenti termici, viene misurata coi cosiddetti *pirometri* (Vedi n. 90) che sono termometri elettrici costituiti essenzialmente di due filamenti di metallo (nichel-cromo e nichel, oppure platino-rodio e platino) saldati insieme all' estremo esposto al calore del forno. Tale estremo, per effetto del riscaldamento, diventa sede di una forza elettromotrice che genera una debole corrente, capace tuttavia di far spostare un indice sopra la graduazione di un apparecchio indicatore delle temperature raggiunte (millivoltmetro). Per gli acciai ordinari la temperatura di ricottura (che può conoscersi esattamente con sensibilissimi strumenti) può ritenersi variabile da 750°, per gli acciai durissimi, fino a 900° (rosso ciliegio chiaro), per quelli dolcissimi. Naturalmente, *perchè l'effetto del riscaldamento sia completo ed efficace è necessario anzitutto non sorpassare i prescritti limiti di temperatura* (cosa a cui provvedono nei moderni forni apparecchi regolatori automatici), *poi lasciar trascorrere un tempo sufficiente* (che solo la pratica e l'osservazione diretta dei pezzi ricotti possono indicare).

Ricottura di addolcimento. Oltre alla ricottura preceden-

temente descritta, detta ricottura completa, si effettua un trattamento di ricottura che ha soltanto lo scopo di rendere l'acciaio più facilmente lavorabile all'utensile oppure di eliminare l'incrudimento e che si dice ricottura di addolcimento (o di coalescenza, o industriale).

La ricottura di addolcimento si effettua riscaldando intorno a 700°. Il riscaldamento ed il raffreddamento non sono così prolungati come nella ricottura completa.

§ 85. - Normalizzazione.

E' il trattamento termico con cui si rigenera l'acciaio surriscaldato [1]*, si impiccolisce la grana dell'acciaio, si eliminano le tensioni interne nell'acciaio fucinato e si preparano alla tempra gli acciai poco omogenei.*

La normalizzazione si effettua con un riscaldamento come per la ricottura completa ma a temperatura più elevata (un centinaio di gradi in più) seguito da un raffreddamento in atmosfera tranquilla. La normalizzazione si ottiene quindi in un tempo assai minore di quello richiesto per la ricottura completa.

La normalizzazione pone l'acciaio in una condizione, per così dire, normale, cioè suscettibile di confronto.

Per la normalizzazione si usano gli stessi forni che vengono impiegati per la ricottura.

§ 86. Cementazione.

E' il trattamento termico con cui si indurisce l'acciaio solo alla superficie, facendogli assorbire una certa quantità di carbonio. Questo viene fornito da sostanze carburanti, dette

---

[1]) Il surriscaldamento è un riscaldamento eseguito a temperatura troppo elevata o per tempi troppo lunghi, così da produrre nel materiale un ingrossamento dal grano ed un peggioramento delle proprietà meccaniche. Il trattamento atto a distruggere il surriscaldamento si chiama rigenerazione.

cementi, quando vengono riscaldate ad una temperatura compresa tra 850° e 1000° (ma generalmente tra 870° e 900°) e dipendente dallo scopo che si persegue coll'operazione (semplice indurimento superficiale, indurimento esterno accoppiato con grande tenacità interna, preparazione alla tempera). I pezzi da cementare, che sono spesso destinati a resistere a forti attriti o ad urti (valvole e cambi di velocità per automobili, cilindri laminatoi, alberi motori ecc.) si mettono insieme al cemento, che li ricopre e circonda per 3, o 4 cm., entro cassette di ferro ben chiuse spalmate convenientemente d'argilla umida. Tali cassette vengono poi poste in forni appositi, a muffola, detti *forni di cementazione* e vi si lasciano, alla prescritta temperatura, per un tempo sufficiente a permettere la penetrazione del carbonio nei pezzi fino ad una conveniente profondità (circa un mm. e raramente 1,5 mm.). Tale tempo dipende dalle dimensioni dei pezzi e dallo spessore del cemento che li ricopre, ma può ritenersi in media, per i pezzi di ordinarie dimensioni, di $0{,}5 \div 3$ ore per cementazione a 1000° e da 1,5 a 10 per cementazione ad 850°.

Affinchè la cementazione riesca bene occorre che il riscaldamento sia graduale ed uniforme e che la durata dell'operazione sia contenuta nei limiti strettamente necessari all'azione penetrante del carbonio. Ciò può accertarsi solo disponendo di un pirometro situato in modo da rivelarci in ogni istante la temperatura dei pezzi che si trattano. La cosa non è tanto facile, come parrebbe a prima vista, perchè l'interno delle cassette e, più ancora, i pezzi immersi nel cemento racchiusovi, non hanno generalmente la stessa temperatura del forno e ciò dipende dal fatto che le cassette sono rivestite di materia refrattaria (argilla) e che il cemento conduce molto male il calore. Occorre perciò situare la saldatura dei filamenti del pirometro nell'interno di un pezzo d'acciaio (provino di controllo) di forma e qualità analoghe a quelli dei pezzi trattati e posta nelle stesse condizioni di riscaldamento (ossia racchiusa in recipiente di ferro di uguale spessore, ricoperta di un uguale strato di argilla ed immersa nel cemento in modo identico). Con tutte le precauzioni possibili, non è raro il caso che l'ac-

ciaio così trattato, dovendo rimanere per un tempo piuttosto lungo ad alta temperatura (senza di che non si avrebbe la penetrazione del carbonio ed il suo scioglimento nel ferro) subisca un vero e proprio *surriscaldamento* (con formazione di grana grossolana) e quindi diventi fragile. A ciò si può rimediare con una adatta ricottura seguita da tempra.

I cementi usati per la cementazione sono di tre specie: *solidi* (a base di carbone leggero, sostanze animali bruciate e carbonato di bario); *liquidi* (a base di cianuri); *gassosi* (ossido di carbonio e idrocarburi gassosi, come il gas illuminante). I più comuni sono quelli solidi di cui diamo la composizione:

1ª - *Carbone leggero in polvere* $3 \div 5$ *parti.*
Carbone d' unghie e corna bruciate 2 parti.
Ritagli di cuoio bruciati 2 parti.

2ª - *Carbone leggero in polvere 60 parti.*
Carbonato di bario 40 parti.

I cementi liquidi hanno effetto più rapido di quelli solidi ma sono velenosissimi e danno uno strato superficiale fragile. I cianuri sviluppano azoto che si combina col ferro e quindi oltre alla carburazione si ha una azoturazione che conferisce fragilità e maggiore durezza.

I cementi gassosi sono più efficaci di quelli solidi ma per usarli occorrono impianti speciali.

Si impiegano anche cementi misti come il carbone di legna in granelli con corrente di ossido di carbonio.

Gli acciai da cementazione (vedi n. 101) possono essere semplici oppure speciali ma hanno sempre basso tenore di carbonio. Quelli speciali sono al cromo, al cromo-nichel, ecc.

Finita la cementazione i pezzi di forma semplice e senza brusche variazioni di sezione vengono raffreddati in olio, mentre, quelli di forma complicata dove si possono temere forti deformazioni, si lasciano raffreddare lentamente nelle cassette dopo averle estratte dal forno.

Segue generalmente una tempera di rigenerazione del cuore, una tempera per produrre durezza superficiale e rinvenimento (a $150° \div 180°$).

Si può ottenere rapidamente una cementazione molto superficiale con polvere di ferrociamuro di potassio cosparsa sul pezzo arroventato oppure passando più volte sul pezzo una fiamma ossiacetilenica molto carburante.

§ 87. - Nitrurazione.

È un trattamento termico, simile alla cementazione, (viene anche detta cementazione nitrurante) con cui si indurisce l'acciaio solo alla superficie facendogli assorbire azoto, anzichè carbonio.

La sostanza cementante che fornisce azoto è l'ammoniaca.

La nitrurazione si effettua mantenendo lungamente i pezzi (di acciaio bonificato) in una cassetta di acciaio inossidabile che viene mantenuta a 500° ed è attraversata da una corrente di ammoniaca.

Con la nitrurazione si ottiene, in confronto alla cementazione, maggiore durezza superficiale, maggiore resistenza alla corrosione, e inoltre, per la bassa temperatura a cui avviene il trattamento, non si altera la tenacità del cuore, non si hanno deformazioni, nè occorre far seguire altro trattamento termico.

Si possono però nitrurare soltanto acciai speciali (al cromo alluminio-molibdeno vedi pag. 101) che sono costosi e offrono maggiori difficoltà di lavorazione.

I pezzi, prima della nitrurazione, devono sempre essere sottoposti a bonifica e devono quindi essere provvisti di adeguato soprametallo da aspostare con utensile (dopo bonifica e prima della nitrurazione).

§ 88. - Malleabilizzazione della ghisa.

È una ricottura prolungata seguita da raffreddamento più o meno lento con cui si decarbura la ghisa bianca per contatto con mezzi ossidanti (procedimento europeo) oppure si trasforma il carbonio della ghisa bianca in grafite globulare (procedimento

americano) allo scopo di conferire ai getti di ghisa bianca una certa duttilità e tenacità (vedi pag. 105).

Procedimento europeo. E' un procedimento simile alla cementazione. I getti di ghisa bianca circondati di cemento ossidante (a base di ossidi di ferro) e chiusi nelle cassette di malleabilizzazione vengono lungamente ricotti a 950°. Si ottiene una decarburazione non molto profonda (ghisa malleabile a cuore bianco).

Procedimento americano. E' un procedimento molto più rapido e molto più usato del precedente. I getti di ghisa bianca circondati di materiale inerte (sabbia, scorie) e chiusi nelle cassette di malleabilizzazione vengono ricotti a 1000°. Il carbonio della cementite si trasforma in grafite globulare (ghisa malleabile a cuore nero).

§ 89. - Forni per trattamenti termici.

Per la buona riuscita dei trattamenti termici è necessario seguire determinate modalità di riscaldamento e raffreddamento e assicurarsi che siano raggiunte, e non superate, le temperature prescritte.

I forni per trattamenti termici devono quindi consentire la regolazione ed il controllo della temperatura.

Al n. 82 si è già parlato dei forni a muffola con riscaldamento a carbone, a nafta, a gas oppure elettrico.

Nei *forni elettrici a resistenza* il riscaldamento avviene mediante resistenze elettriche disposte internamente alla muffola (fig. 235) o alle camere di riscaldo. La temperatura è uniforme e facilmente regolabile.

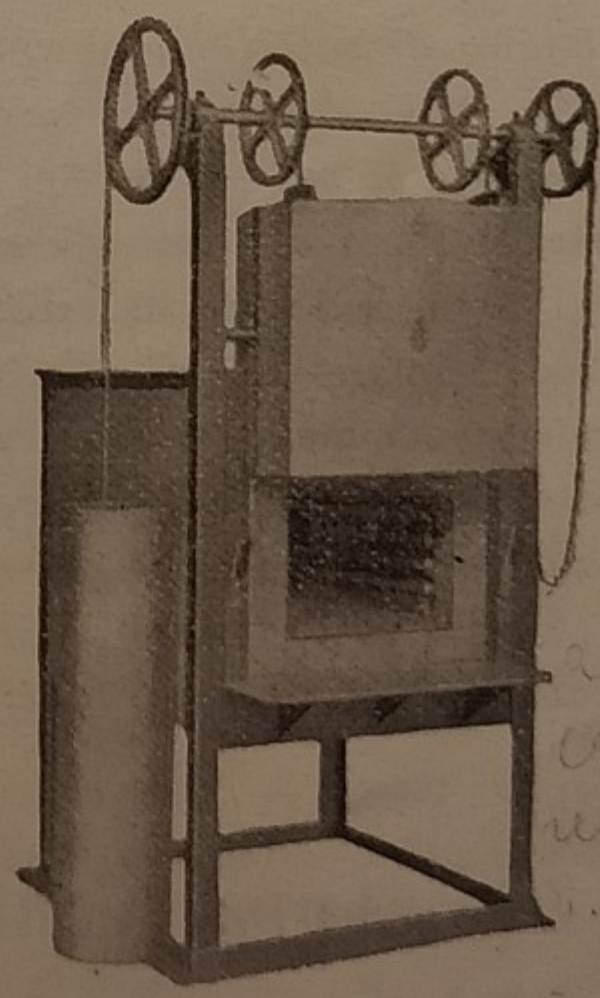


Fig. 235.

Questi forni si impiegano per cementazione, tempera ecc.

La presenza di aria nell' atmosfera del forno può produrre alterazione della superficie dei pezzi per decarburazione o ossidazione. Per questa ragione alcuni forni hanno un dispositivo che permette di ottenere un'atmosfera neutra (bruciando aria e gas alla bocca del forno). La fig. 236 rap-

presenta un forno (S. A. Ing. F. Ferrè e C.) particolarmente adatto per il trattamento degli acciai rapidi. Nella camera inferiore si raggiungono temperature fino a 950° (resist. metalliche) e in quella superiore, che è munita dal dispositivo per il controllo all'atmosfera, temperat. fino a 1350° (resist. di carborundum).

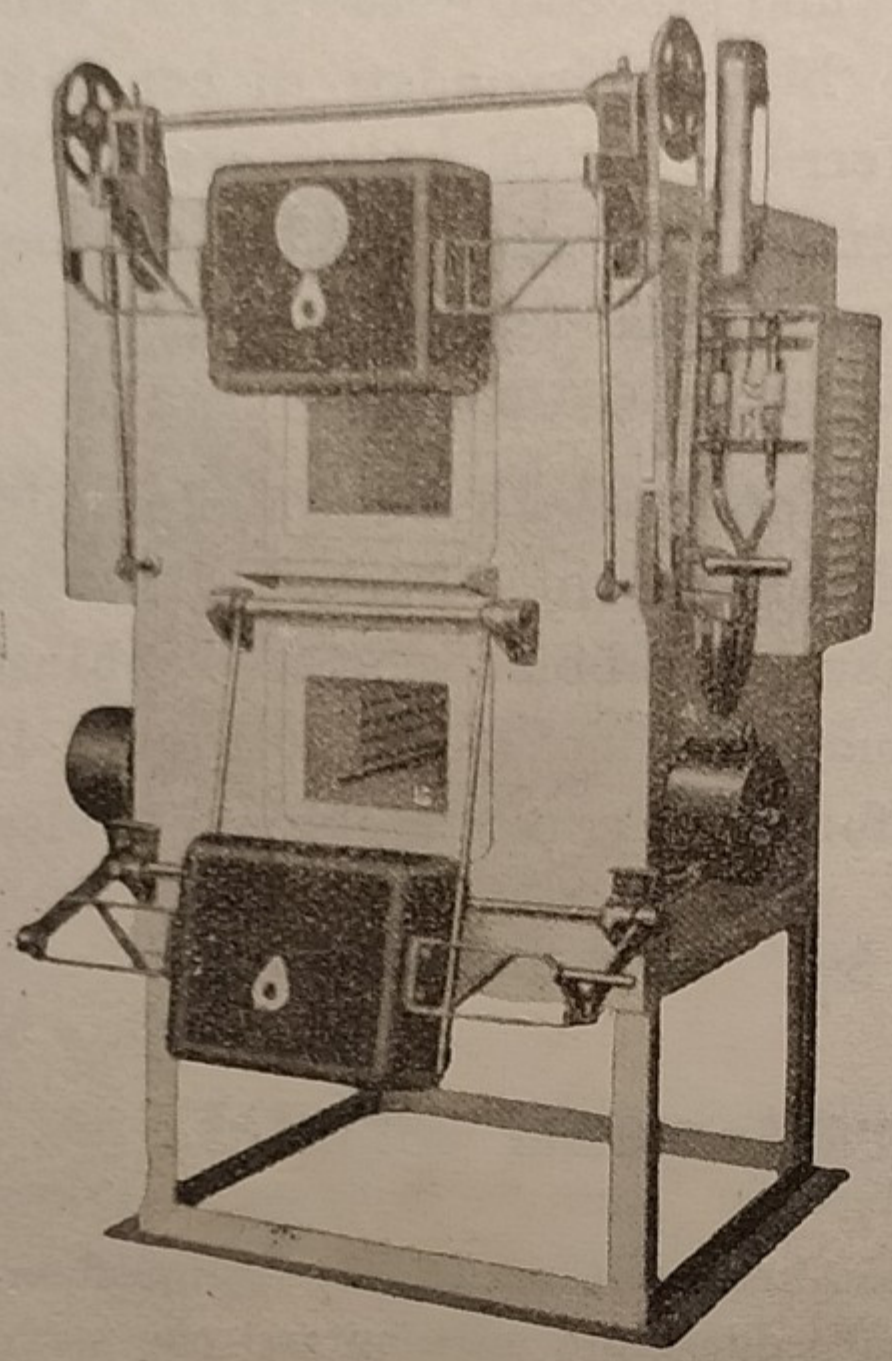
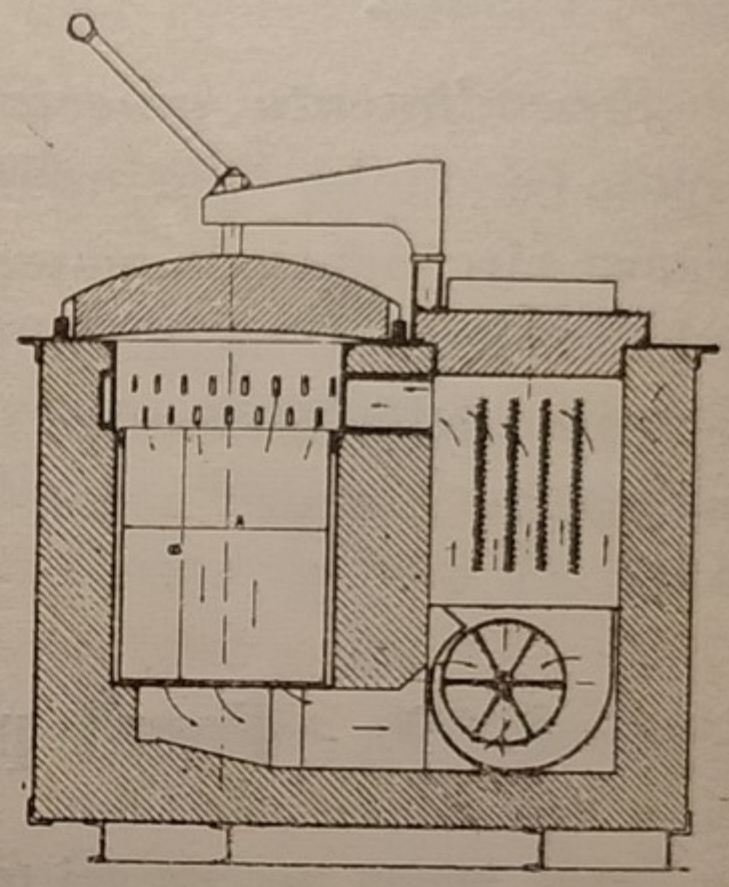


Fig. 236.

L'uniformità di riscaldamento e la eliminazione del contatto dell'aria, si ottengono con i *forni*



Sezione di un forno « a ciclone » (Ing. F. Ferrè e C.)
Fig. 237.

a bagno di sali (con cloruro di bario si possono ottenere temperature fino a 1400°). Il riscaldamento è prodotto dal passaggio della corrente alternata attraverso il sale fuso. Nei grandi impianti per tratt. termici si usano batterie di forni a bagno di sali: con 4 o 5 bagni si passa da $\sim$ 200° a 1400°.

I forni a bagno di sali sono impiegati solo per tempra e rinvenimento. Il rinvenimento si può effettuare anche in forni elettrici dove il riscaldamento avviene per mezzo di aria calda (riscaldata con resistenze elettriche (fig. 237) costretta a circolare velocemente da un ventilatore. Il *forno a circolazione d'aria* si impiega per rinvenimento, ricottura fino a 650°, ecc.

Per la nitrurazione si impiega generalmente un forno a resistenze elettriche capace di raggiungere una temperatura di almeno 500°.

§ 90. - Apparecchi misuratori della temperatura.

Per misurare la temperatura dei forni per trattamenti termici si usano generalmente i *pirometri termoelettrici.*

La parte principale dell'apparecchio è la coppia termoelettrica costituita

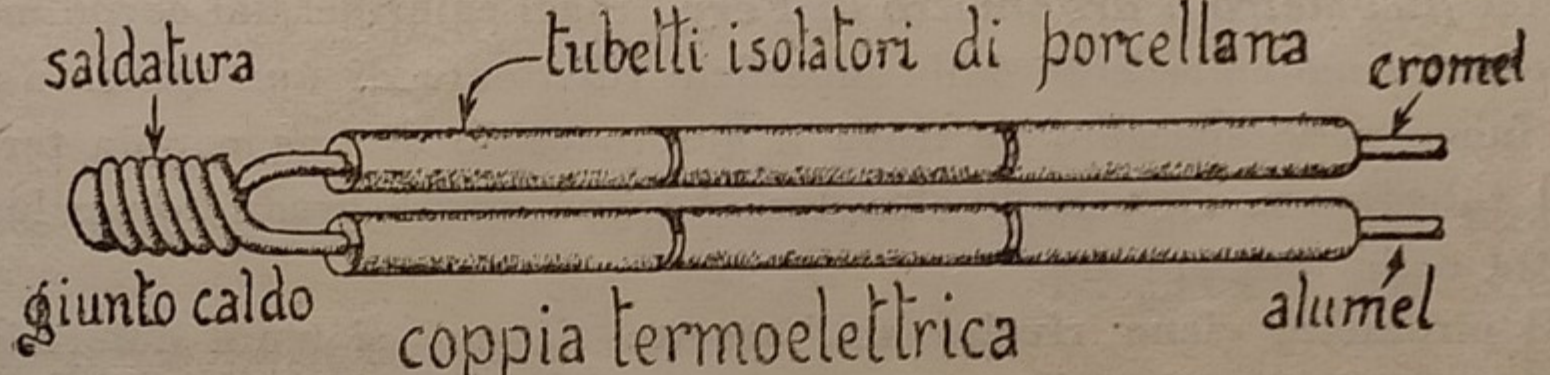
da due fili di metalli diversi uniti fra loro agli estremi (giunti). Esponendo uno dei giunti ad una sorgente di calore (giunto caldo) e mantenendo l'altro a temperatura costante (giunto freddo) si genera una forza elettromotrice che dipende dalla temperatura del giunto caldo.

I due estremi costituenti il giunto caldo sono saldati mentre, quelli costituenti il giunto freddo sono connessi ad un millivoltmetro sul quale si possono leggere i millivolt corrispondenti alle varie temperature. Più spesso il millivoltmetro è graduato per la lettura diretta della temperatura.

Le coppie termoelettriche più usate nella costruzione dei pirometri termoelettrici sono:

costantana-rame fino a 500°; costantana-ferro fino a 800°; alumel-cromel (alumel = alluminio + nichel, cromel = cromo + nichel) fino a 1300°; platino-platino rodio fino a 1500°.

La fig. 238 mostra l'ordinaria costituzione di una coppia termoelettrica e del relativo pirometro coi dispositivi di protezione, isolamento ed attacco alla parete del forno ed ai cavi.



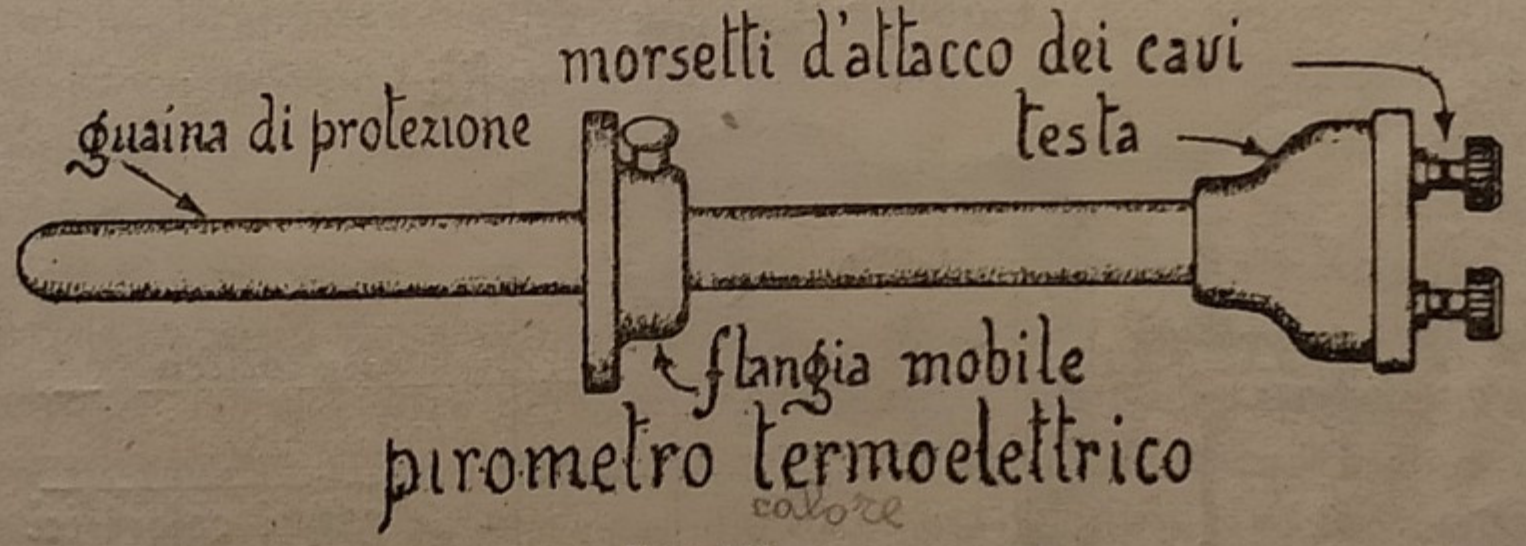


Fig. 238.

La fig. 239 illustra schematicamente il collegamento del pirometro coi cavi di linea e col millivoltmetro, nonchè la composizione di quest'ultimo (nucleo di ferro dolce, bobina sospesa a due spirali elastiche antagoniste, calamita permanente a ferro di cavallo, indice collegato alla spirale superiore e mosso da questa graduazione circolare in gradi).

I pirometri termoelettrici non sono adatti, ad esempio, per misurare la temperatura di un metallo fuso. La misura si può allora effettuare mediante il pirometro di Fèry oppure con il pirometro a filo scomparente (Holborn).

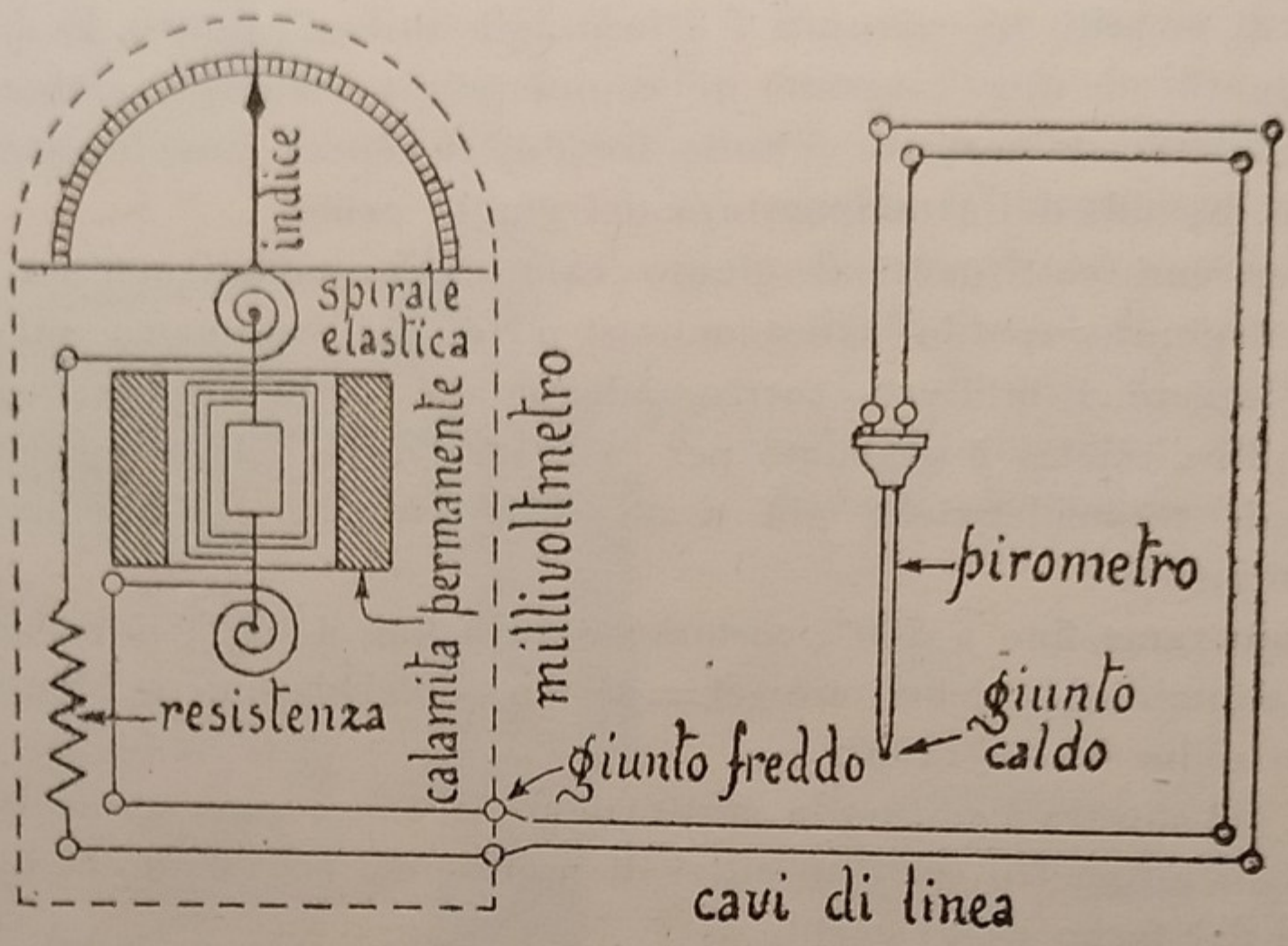


Fig. 239.

Nel *pirometro o ardometro di Fèry* i raggi calorifici dal corpo metallico in esame vengono raccolti dalla superficie riflettente di uno specchio sferico. Nel fuoco dello specchio si trova il giunto caldo di una coppia termoelettrica collegata con un millivoltmetro che può essere graduato per la lettura diretta delle temperature.

Il pirometro viene rivolto sull'oggetto di cui si vuol determinare la temperatura: il calore irradiato si concentra sulla saldatura della coppia che si riscalda e provoca la deviazione dell'indice del millivoltmetro.

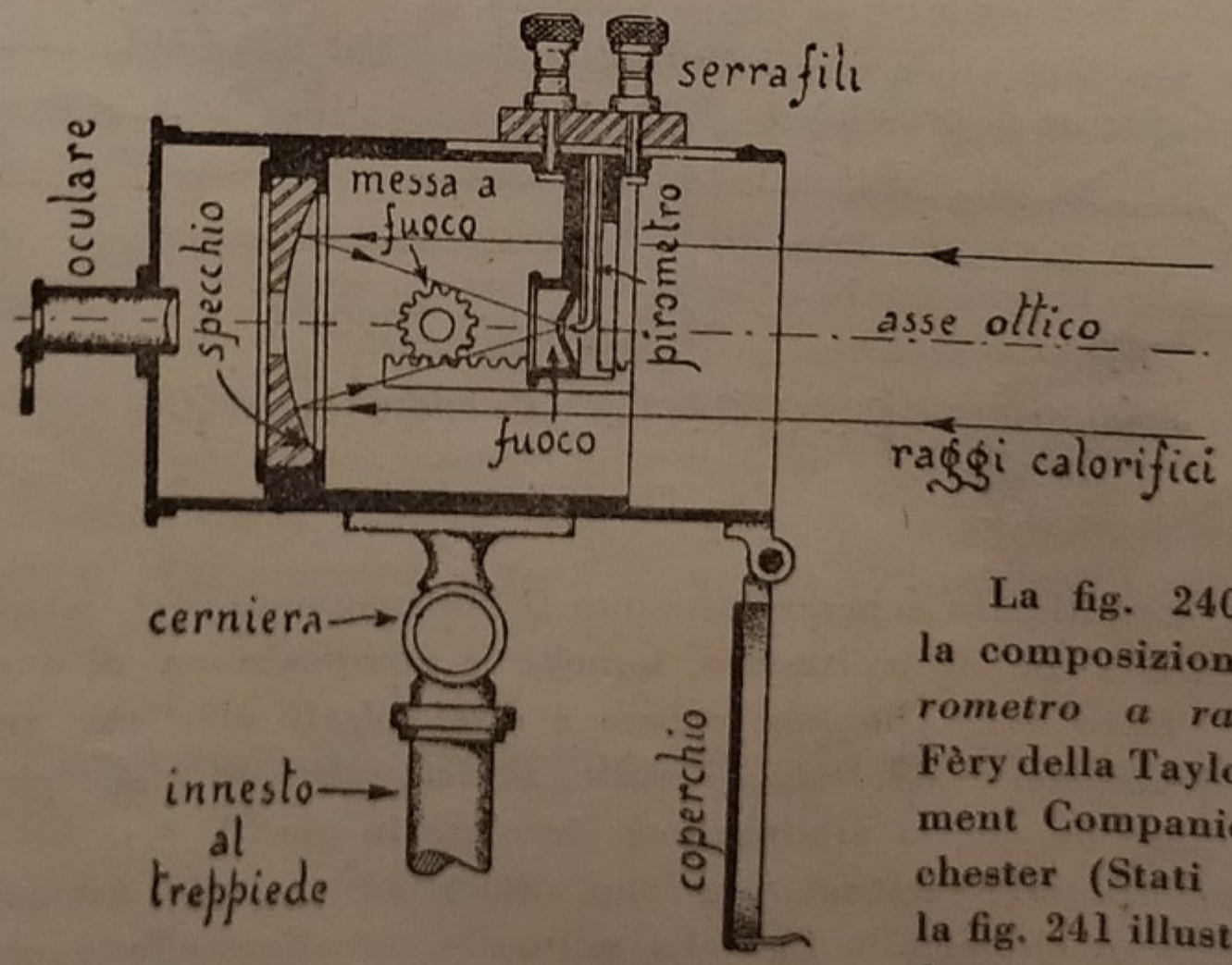


Fig. 240.

La fig. 240 mostra la composizione del *pirometro a radiazione* Fèry della Taylor Instrument Companies di Rochester (Stati Uniti) e la fig. 241 illustra il suo funzionamento.

Il pirometro a filo scomparente è costituito da un cannocchiale che permette di osservare nello stesso tempo il corpo incandescente di cui si

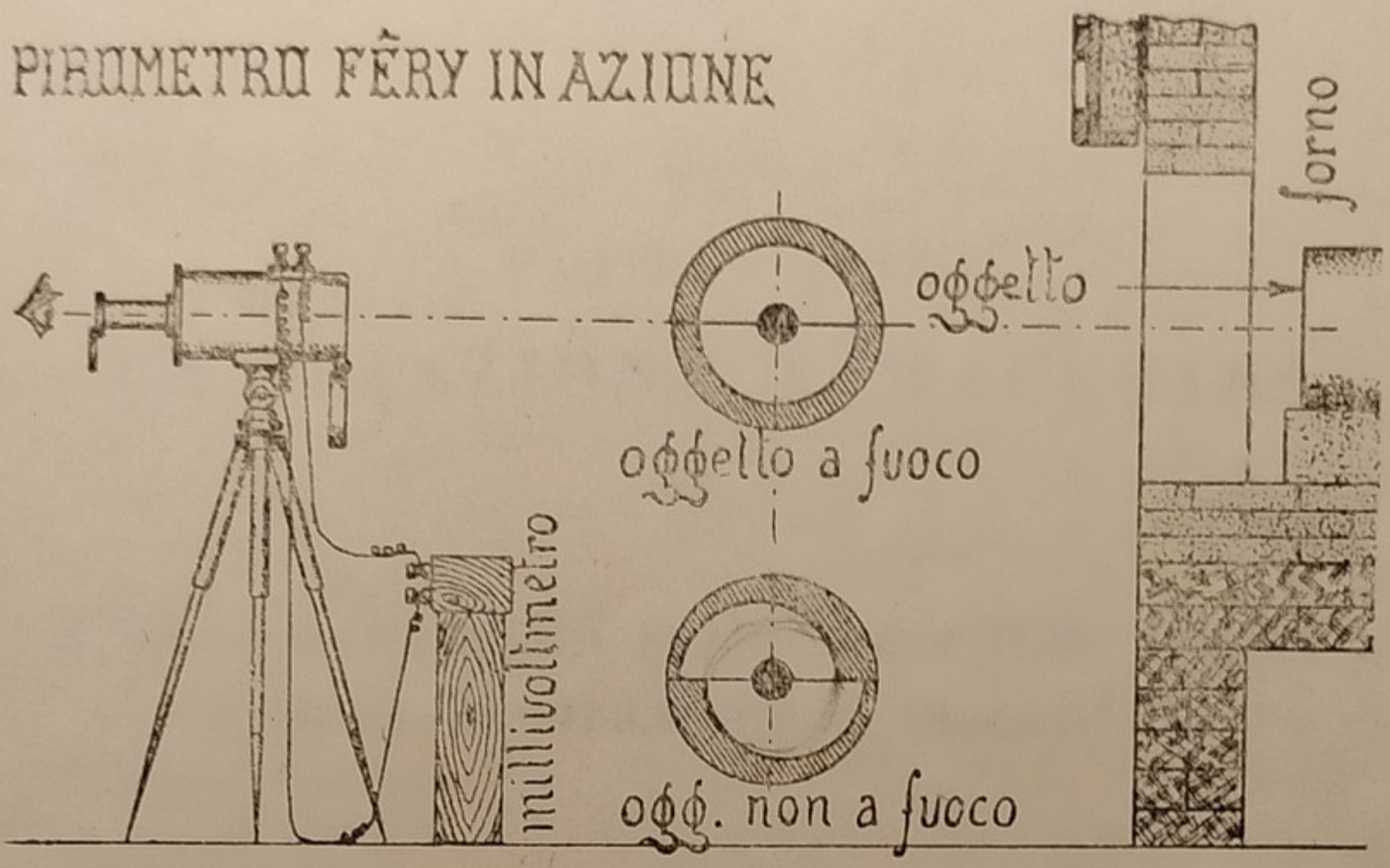


Fig. 241.

vuol misurare la temperatura e il filamento di una lampadina. L'intensità luminosa del filamento si può regolare facendovi passare una corrente elettrica più o meno intensa.

Quando il corpo in esame ed il filamento hanno la stessa intensità luminosa quest'ultimo scompare e la temperatura si può desumere dalla lettura del millivoltmetro collegato alla lampadina.

E' da osservare che i pirometri possono avere il millivoltmetro di due specie: *indicatore* (se indica semplicemente la temperatura del forno in un dato istante) o *registratore* (se segna permanentemente, sopra un foglio di carta, la temperatura raggiunta dal forno nei successivi istanti). Per assicurare l'invariabilità della temperatura nel forno per tutta la durata del trattamento si usano i ***pirometri autoregolatori.*** Quando la temperatura del forno supera il valore fissato, il pirometro autoregolatore (indicatore o registratore) interrompe la corrente che alimenta il forno e la restituisce quando la temperatura è scesa al disotto del predetto valore.

PARTE QUARTA

LAVORAZIONE A MACCHINA

§ 91. - Generalità sulle macchine utensili e sulla lavorazione a macchina.

I pezzi di metallo fusi o fucinati, ossia sottoposti al 1° grado di lavorazione, difficilmente si prestano all' uso cui sono destinati, perchè sono *greggi*, che è quanto dire di struttura ancora grossolana e di dimensioni non ancora perfette. Per renderli adatti all' uso di strumenti, utensili od organi di macchine, che debbono avere, specialmente nelle lavorazioni in serie, un determinato grado di precisione costruttiva, è necessario sottoporli ad un' altra lavorazione (2° grado di lavorazione) che si compie a freddo e con asportazione di metallo. Questa lavorazione che anticamente si faceva esclusivamente con utensili a mano (aggiustaggio), si usa ora fare, nella massima parte dei casi, con macchine operatrici munite di utensili lavoranti. Tali macchine si chiamano *macchine utensili* e sono tutte dotate di due *movimenti principali* :

1° - *il moto fondamentale* o *di lavoro* che è quello mediante il quale l' utensile asporta il soprametallo dal pezzo, convertendolo in trucioli o limature ;

2° - *il moto di avanzamento o di alimentazione* mediante il quale le diverse zone del pezzo si offrono successivamente all' azione tagliante dell'utensile e permettono a questo di continuare il lavoro iniziato. A seconda che l' uno o l' altro di

questi moti, od entrambi, sono posseduti dall' utensile o dal pezzo, si hanno quattro diverse specie di macchine-utensili.

1ª Specie: *il pezzo è dotato del moto di lavoro e l' utensile di quello di avanzamento* (es.: torni e piallatrici — i primi con moto rotativo — le seconde con moto rettilineo alternativo).

2ª Specie: *l' utensile ha il moto di lavoro ed il pezzo quello di alimentazione* (es.: limatrici e stozzatrici — entrambe dotate di moto rettilineo alternativo, in senso orizzontale le prime, verticale le seconde).

3ª Specie: *il pezzo ha tutti e due i moti* (torni a patrona ossia muniti di una vite speciale [patrona] che fa girare ed avanzare il pezzo davanti all' utensile).

4ª Specie: *l' utensile ha tutti e due i moti* (trapani).

Le macchine a moto di lavoro rotatorio (torni, fresatrici, trapani, bareni, rettificatrici ecc.) si dicono *macchine utensili rotative*, quelle a moto di lavoro rettilineo alterno (piallatrici, limatrici, stozzatrici ecc.) si dicono *macchine utensili alternative*. Le une e le altre, riunite in gruppi secondo il genere di lavoro che fanno, costituiscono l' attrezzatura di una moderna *officina di lavorazione a macchina*. Quantunque nei più recenti impianti si tenda a servirsi di macchine *a motori indipendenti*, mosse cioè ciascuna da un proprio motore, vi sono officine meccaniche che marciano ancora mediante motori che trasmettono il moto ad un gruppo di macchine mediante *trasmissione a cinghia* (vedi trasmissioni).

§ 92. - Parti principali delle macchine utensili.

Nelle macchine utensili si distinguono le seguenti parti:

1° - *incastellatura*;
2° - *banco*;
3° - *parti mobili per spostare i pezzi o gli utensili*;
4° - *piastre di sostegno dei pezzi*;
5° - *mandrino*.

Incastellatura. E' la struttura portante, ossia la parte che serve di sostegno agli altri organi della macchina.

E' un insieme rigido che può essere formato da una sola parte (come generalmente avviene nelle limatrici) o da più parti (come nella piallatrice e nel tornio verticale) che vengono così denominate:

— *basamento*;
— *montanti*;
— *traverse.*

Banco. E' il basamento della macchina munito di guide rettilinee per lo spostamento delle slitte che sostengono l'utensile o il pezzo in lavorazione.

Parti mobili per spostare il pezzo o gli utensili. Sono due:

— *il carro*: complesso delle slitte che servono allo spostamento del pezzo;

— *il carrello*: complesso delle slitte che servono allo spostamento dell' utensile.

Le slitte principali di uno stesso carro o carrello possono muoversi in un piano verticale oppure in un piano orizzontale; per quelle che si muovono nel piano orizzontale si hanno le denominazioni:

— *slitta longitudinale*: si sposta, rispetto all'operatore, da sinistra a destra e viceversa;

— *slitta traversale*: si sposta, rispetto all'operatore, in direzione frontale.

Piastre di sostegno dei pezzi. Si distinguono, indipendentemente dalla loro forma e dimensioni, in:

— *piattaforme*: durante il lavoro ruotano intorno ad un asse orizzontale (ad es.: tornio parallelo);

— *tavole*: durante il lavoro ruotano intorno ad un asse verticale (come nel tornio verticale), ovvero sono animate da moto di traslazione su un piano orizzontale (come nella piallatrice).

Mandrino. E' l'albero della macchina che trasmette il movimento di lavoro al pezzo od all'utensile a cui viene collegato rigidamente.

Secondo il movimento che può compiere un organo mobile viene detto:

girevole: può compiere un giro completo intorno al proprio asse;

inclinabile: può girare intorno ad un asse orizzontale per un settore limitato;

orientabile: può girare intorno al proprio asse, in qualsiasi direzione, per un settore limitato;

universale: può ruotare intorno a due o tre assi ortogonali.

§ 93. - Utensili da tornio e da pialla.

Gli utensili da tornio e da pialla sono costituiti da barrette a sezione rettangolare terminanti con una punta, di forma adatta al lavoro da eseguire, detta *nasello*. Le facce che limitano il nasello si chiamano *facce di affilatura* (fig. 242) e sono le seguenti:

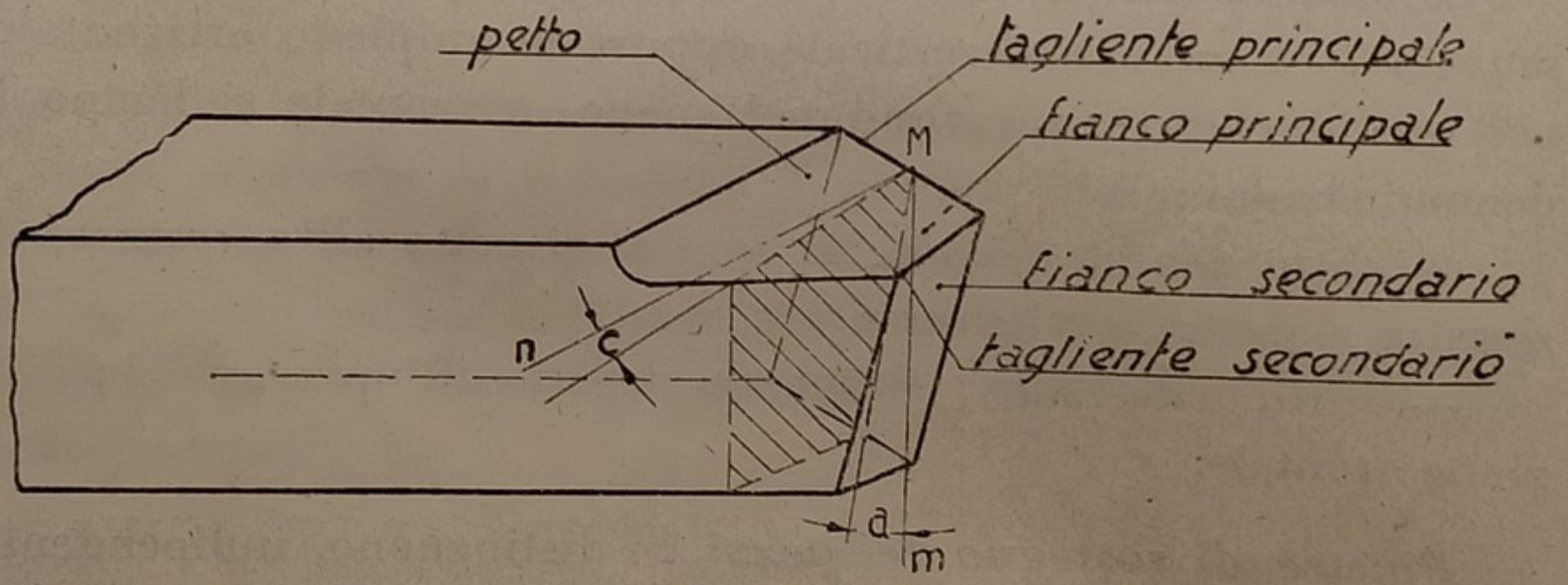


Fig. 242.

1° - *petto:* è la faccia sulla quale scorre il truciolo (faccia di scorrimento);

2° - *fianco principale:* è la faccia rivolta verso la parte da lavorare;

3° - *fianco secondario:* è la faccia rivolta verso la parte lavorata.

Gli spigoli che il petto dell'utensile forma con i fianchi si chiamano:

— *tagliente principale* : tra il petto e il fianco principale;
— *tagliente secondario* : tra il petto e il fianco secondario.

I due taglienti si incontrano nel *vertice* (o punta).

L' utensile può essere :

1 - *destro* : il tagliente principale si trova al lato destro del nasello (figg. 242 e 243) (per un osservatore posto di fronte al nasello) ;

2 - *sinistro* : il tagliente principale si trova al lato sinistro del nasello ;

3 - *simmetrico* : può lavorare tanto a destra che a sinistra.

§ 94. - Angoli caratteristici degli utensili.

Tagliamo il nasello con un piano perpendicolare al tagliente principale e passante per un punto qualunque *M* del tagliente stesso. Ribaltiamo la sezione (tratteggiata nelle figure) e consideriamo gli angoli (figg. 242 e 243) :

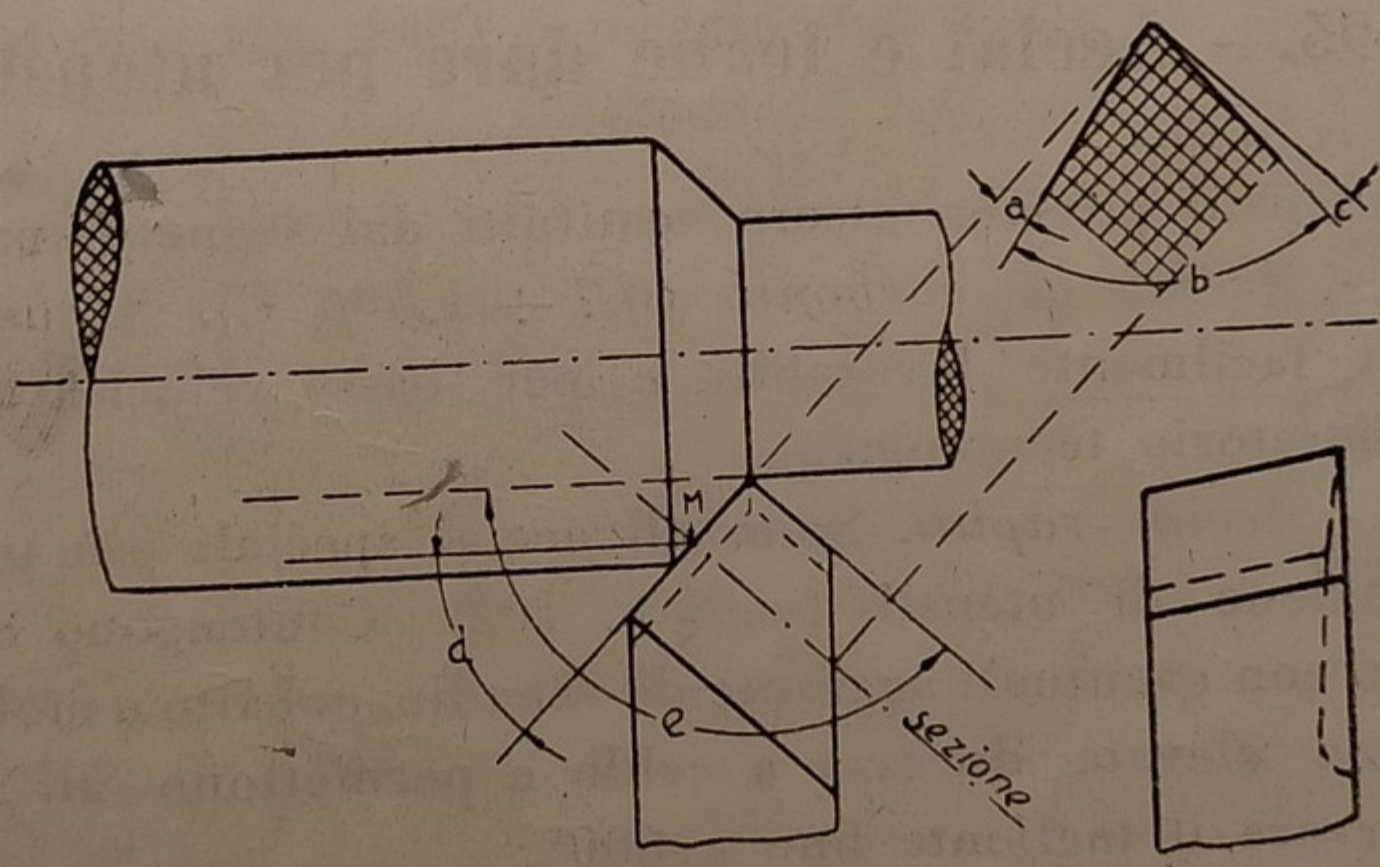


Fig. 243.

a, angolo di spoglia inferiore, tra la verticale *m* ed il fianco principale ;

b, angolo di taglio, tra il fianco principale ed il petto ;

c, angolo di spoglia superiore, tra il petto e l'orizzontale *n*.

La somma dei tre angoli considerati [1]) risulta uguale ad un angolo retto: $a + b + c = 90°$.

Sommando l'angolo a con l'angolo b si ottiene l'angolo di lavoro l.

La forma dell'utensile rappresentato nella fig. 243 è determinata se si conoscono anche gli angoli d ed e.

L'angolo a varia poco mentre gli angoli b e c variano sensibilmente (b aumenta con la durezza del materiale da lavorare).

VALORI MEDI DEGLI ANGOLI *a, b, c*

Materiale da lavorare	a	b	c	Materiale da lavorare	a	b	c
Acciaio (R=35 Kg./mm.²)	10°	55°	25°	Alluminio . . .	10°	40°	40°
» (R=35-50 »)	8°	62°	20°	Leghe leggere . . .	6°	55°	29°
» (R=55-70 »)	8°	70°	12°	Elektron	8-10	60-67	15-20
» (R>70 »)	8°	74°	8°	Rame	8	52°-62°	30-20
Ghisa	6°	74°	10°	Ottone e bronzo . .	6-8	84-74	0-8

§ 95. - Acciai e leghe dure per utensili.

Gli utensili possono essere costituiti dai seguenti materiali:

1° - *Acciai al carbonio* (0,7 ÷ 1,6 % C). Si usano per materiali facilmente lavorabili e per basse velocità di taglio (vedi laboratorio tecnologico).

2° - *Acciai rapidi.* Sono gli acciai speciali più usati per la costruzione di utensili (vedi n. 102). Contengono cromo e tungsteno con eventuali aggiunte di vanadio, cobalto e molibdeno. Presentano elevata durezza a caldo e permettono all'utensile di conservare il tagliente fino a 600°.

3° - *Leghe metalliche del tipo stellite* contenenti cobalto, cromo, tungsteno, ecc. Servono per preparare placchette che

---

[1]) Gli angoli a, b e c vengono generalmente indicati con le lettere dell'alfabeto greco α (alfa), β (beta) e γ (gamma).

vengono saldate al rame su sostegni di acciaio. Non richiedono trattamenti termici.

4° - *Carburi* (Widia, Carboloy, Adamas, ecc.). Sono a base di carburo di tungsteno ed hanno durezza prossima a quella del diamante. Le placchette di carburi vengono anch'esse saldate su sostegni di acciaio e non richiedono trattamenti termici.

§ 96. . Forme e specie degli utensili.

Secondo la forma l'utensile viene ricavato dalla barra mediante semplice affilatura oppure mediante fucinatura e successiva affilatura. L'utensile può essere diritto, piegato, deviato (o a collo d'oca), a coltello, di forma, elastico, a placchetta riportata.

Secondo l'uso l'utensile può essere:

1° - *sgrossatore:* deve asportare trucioli di sezione rilevante.

L'utensile sgrossatore è generalmente laterale (cioè destro o sinistro) diritto (fig. 243) o piegato (fig. 244);

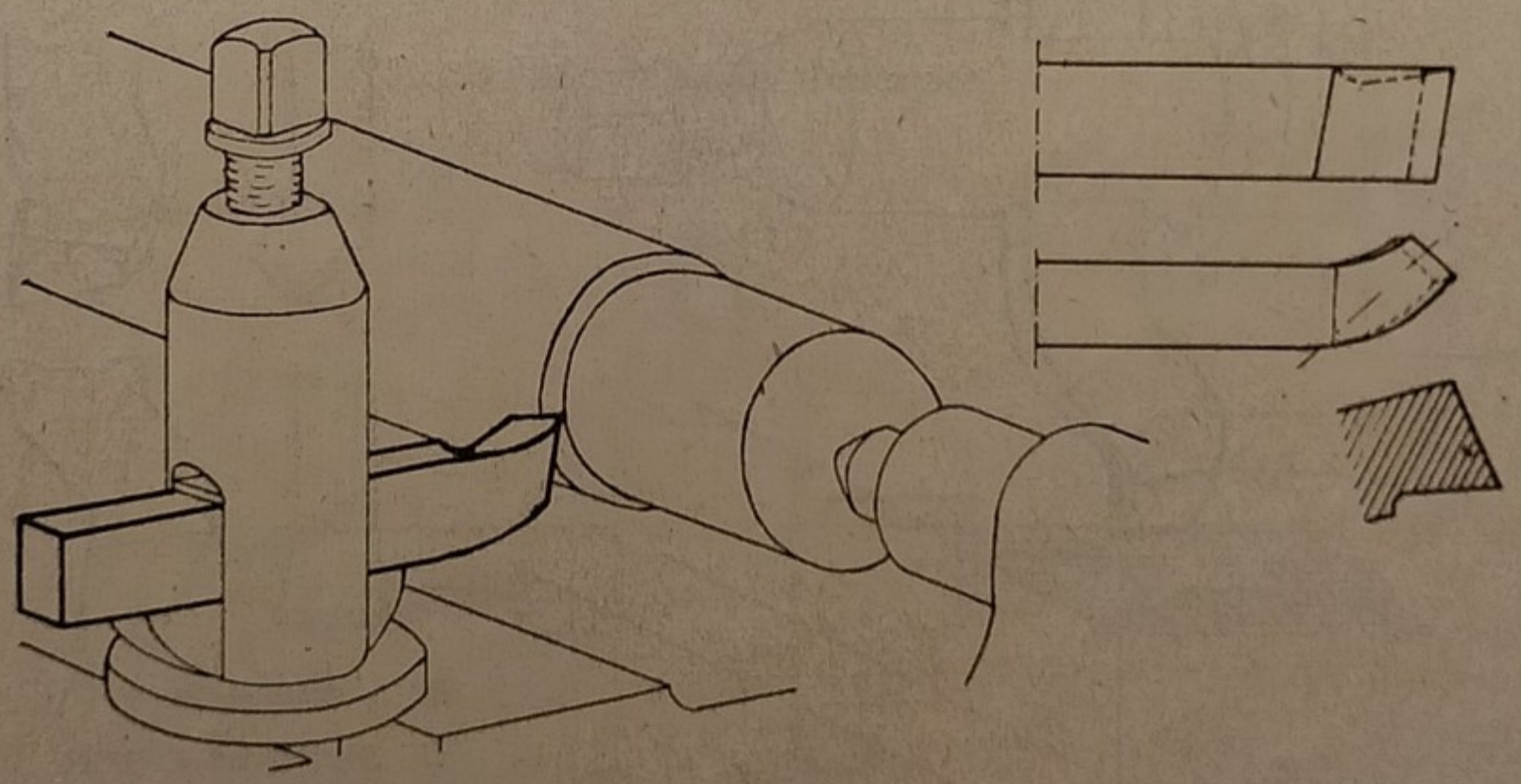
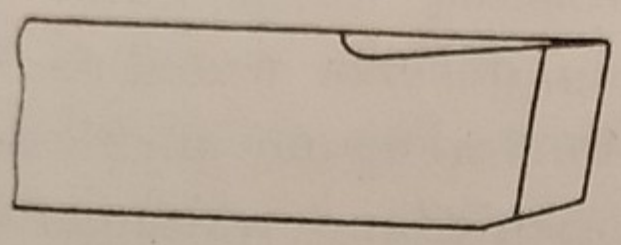


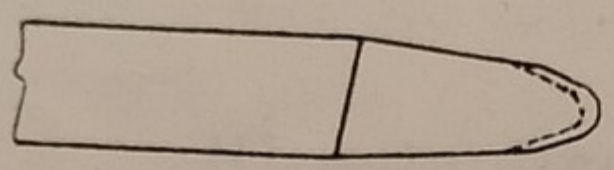
Fig. 244. Utensile piegato destro per sgrossatura.

2° - *finitore:* deve asportare trucioli di piccola sezione e lasciare una superficie regolare.

L'utensile finitore è generalmente simmetrico (figg. 245-246)

ma, specialmente per piallatrice può anche essere frontale con tagliente curvo a grande raggio.





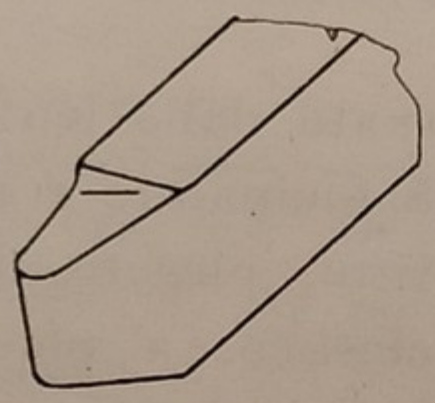


Fig. 245. Utensile finitore simmetrico.

Si hanno inoltre:

— *utensili a coltello o sfacciatori* (fig. 247): servono per ottenere superfici piane e possono essere destri o sinistri;

— *utensili troncatori* (fig. 248): servono per fare gole e per troncare;

— *utensili per interni* (alesatori) (fig. 249): servono per allargare fori. Sono utensili per interni anche gli utensili *recessitori*, che servono per fare gole nelle superfici con cave e gli utensili sfacciatori interni;

— *utensili zigrinatori.* (fig. 250)

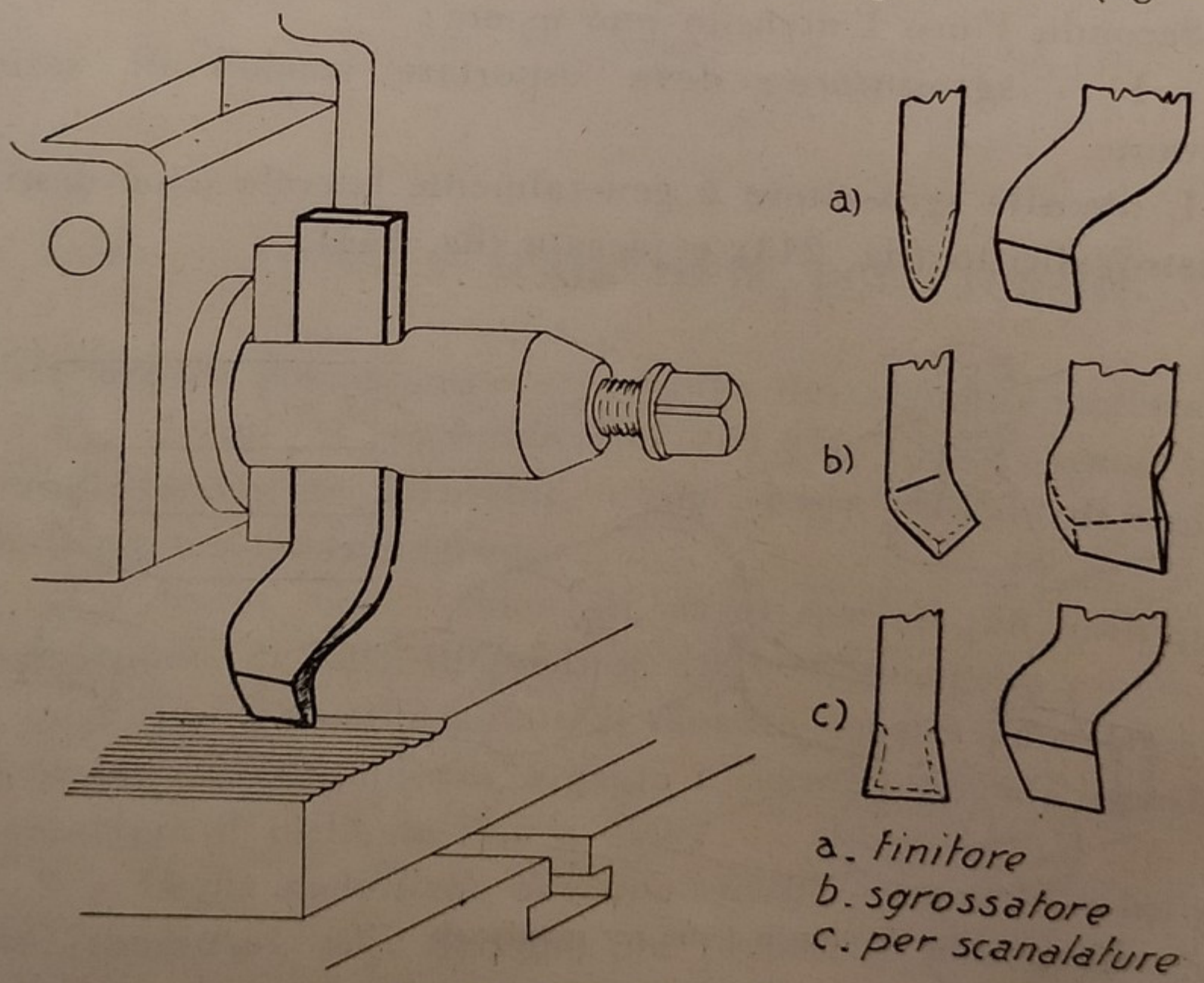


Fig. 246. Utensili da pialla.

sono utensili a rullo che vengono premuti contro il pezzo in rotazione per rigarne la superficie (impugnature, pezzi da girare a mano);

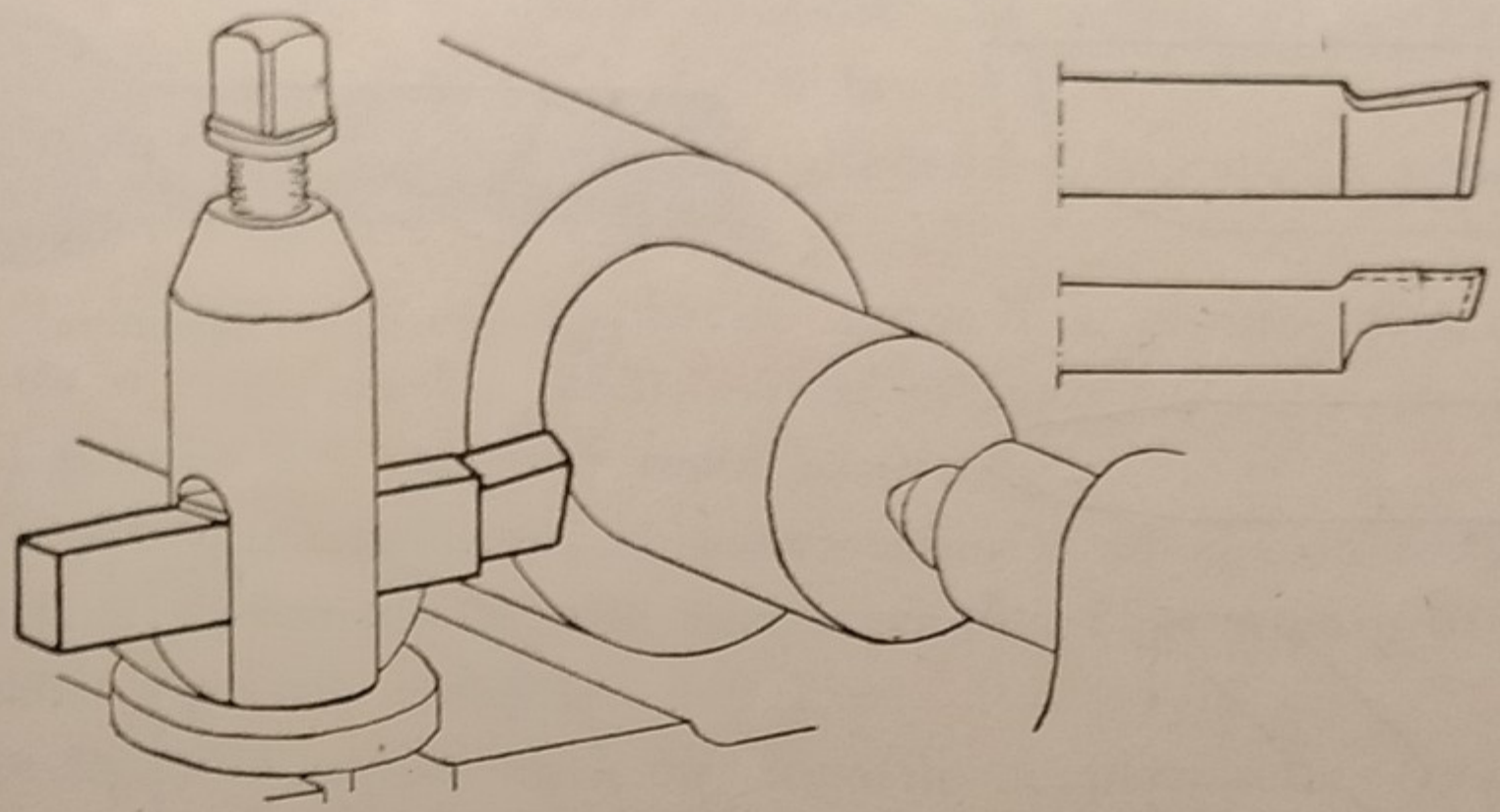


Fig. 247. Utensile a coltello destro.

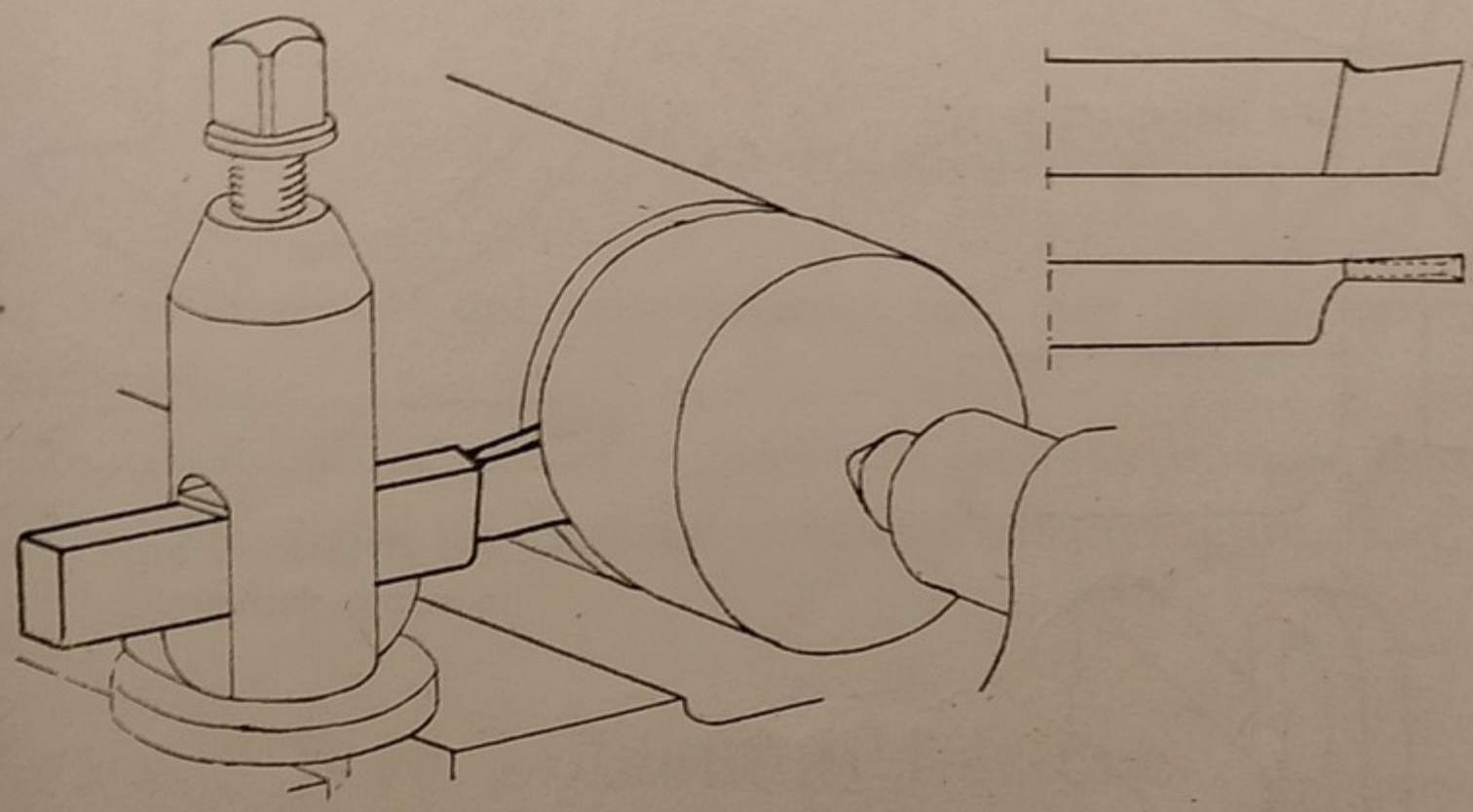


Fig. 248. Utensiie troncatore.

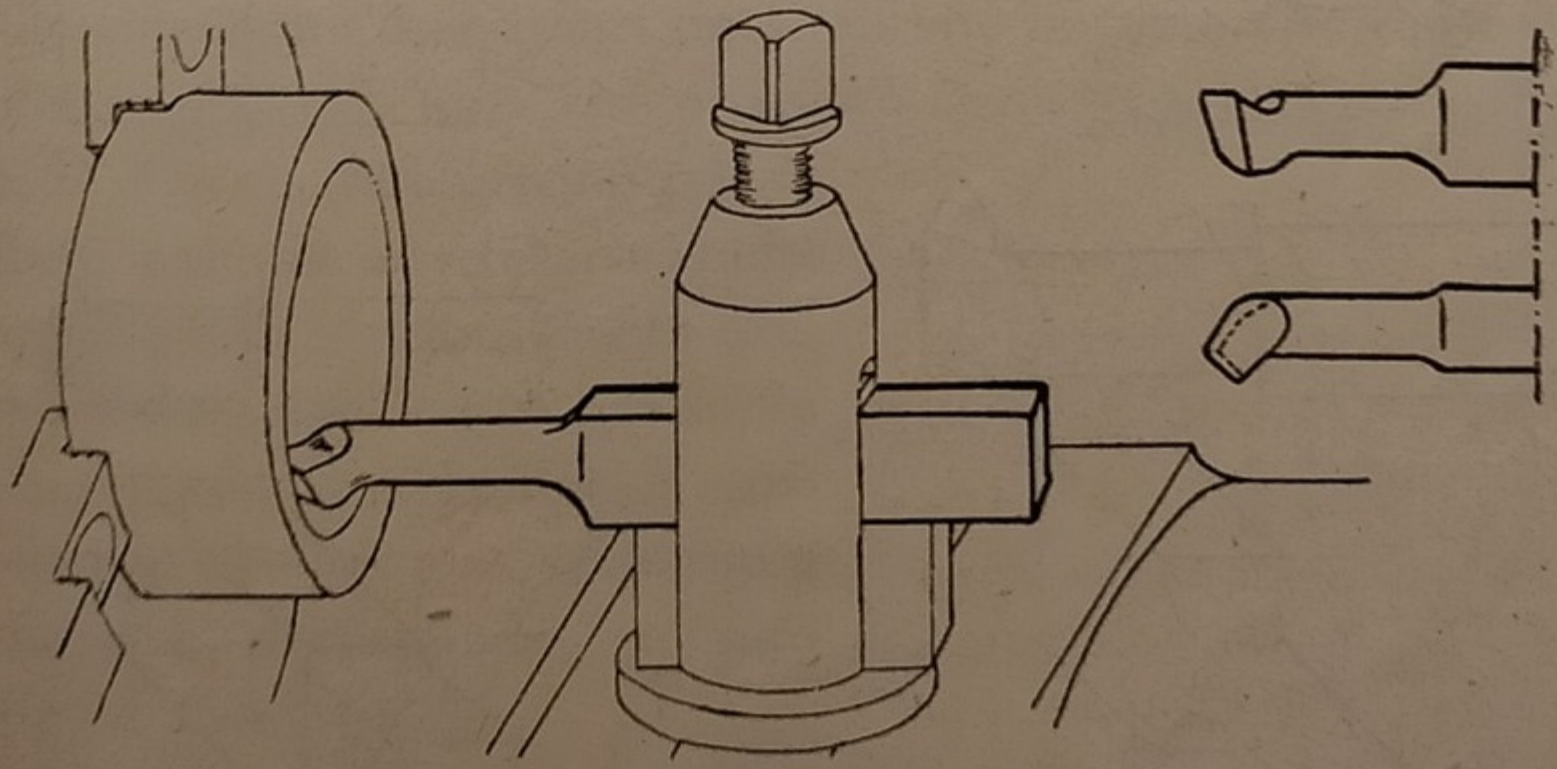
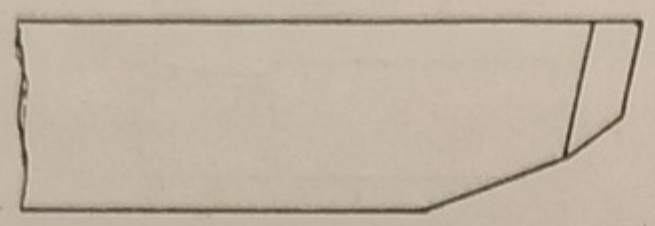


Fig. 249. Utensile alesatore destro.

— *utensili per filettare al tornio*. Hanno angolo di spoglia superiore nullo (petto dell' utensile orizzontale) e profilo del tagliente uguale al profilo del vano (fig. 251).



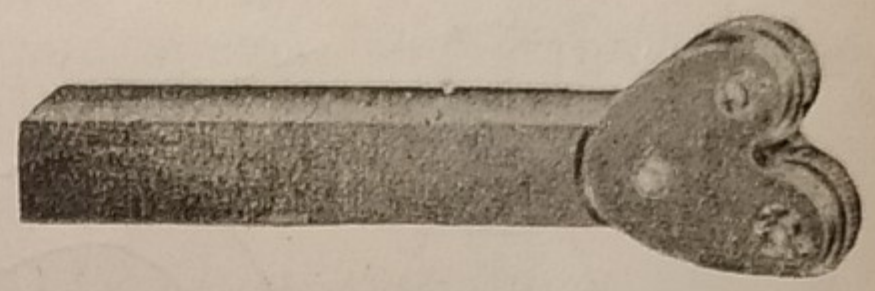


Fig. 250. Utensile zigrinatore.

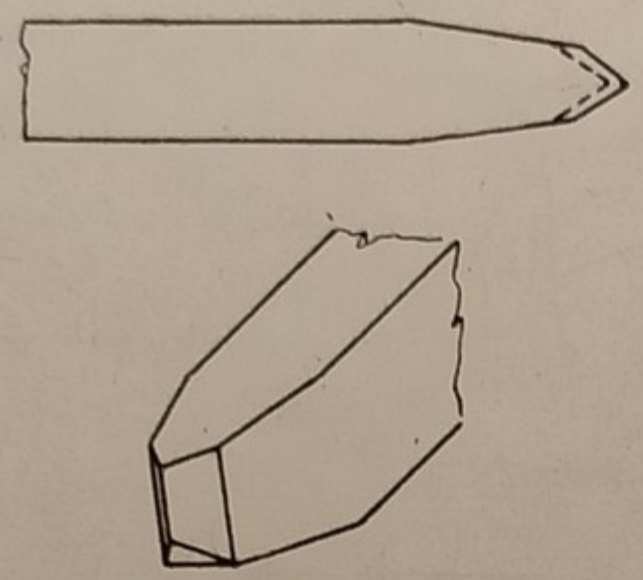


Fig. 251. Utensile filettatore per viti.

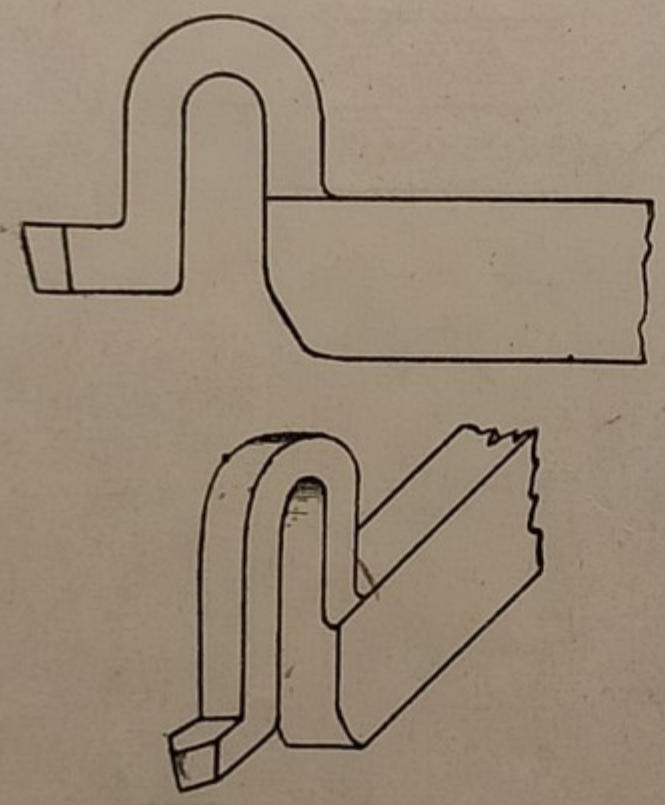


Fig. 252. Utensile elastico.

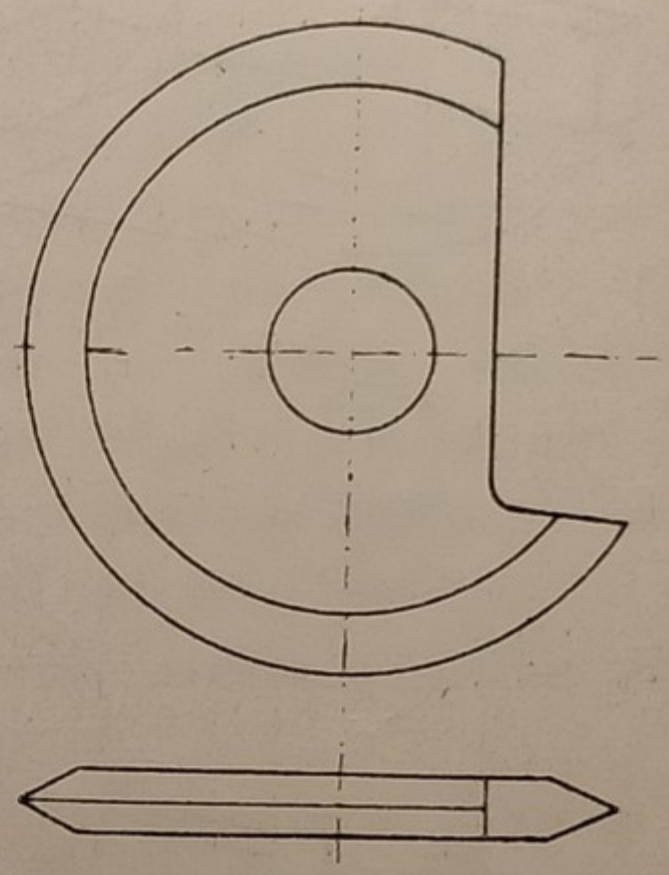


Fig. 253. Utensile a profilo costante circolare.

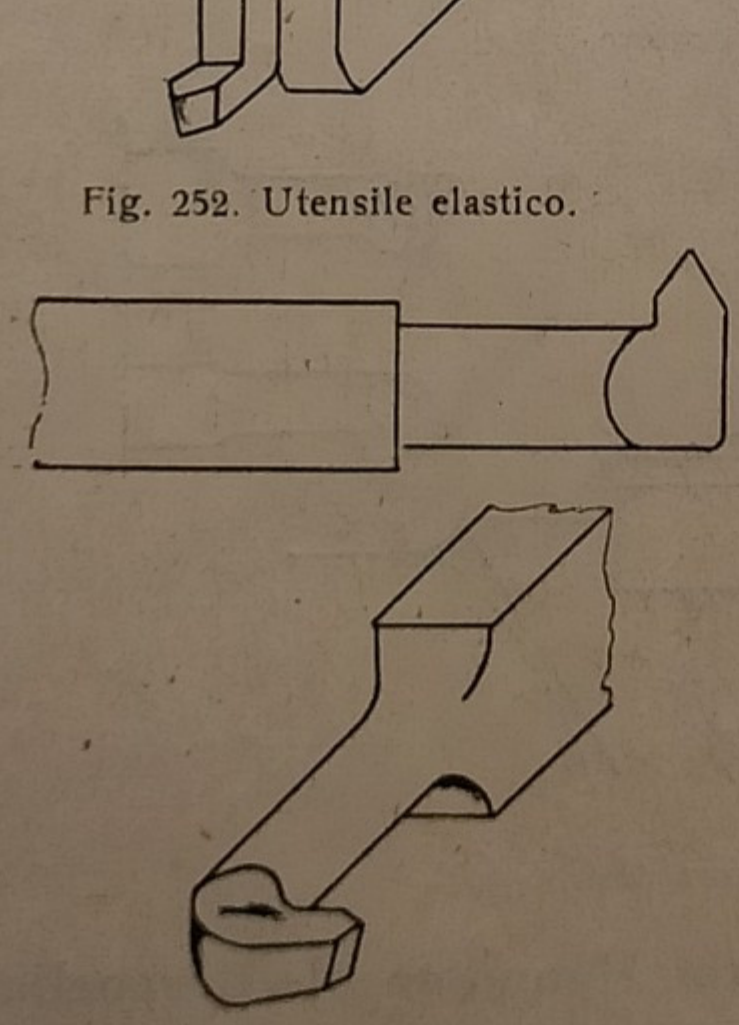


Fig. 254. Utensile filettatore per madreviti.

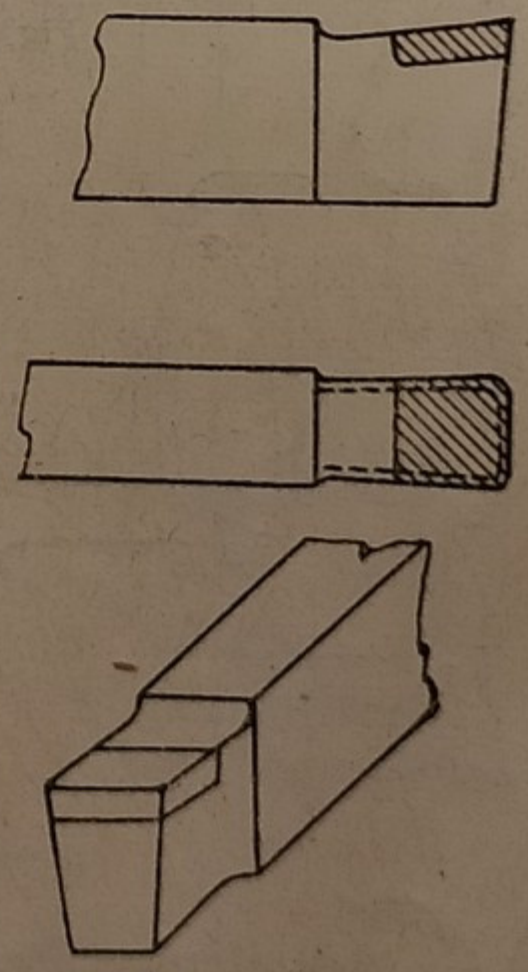


Fig. 255. Utensile a placchetta.

Per grosse viti si usano utensili con angolo di spoglia superiore adatta al materiale che si lavora.

Per finitura si usa spesso un utensile elastico che consente di ottenere superfici più regolari (fig. 252).

Per filettare si usano anche utensili a profilo costante a barretta o circolari (fig. 253); essi si affilano sul petto in modo che il profilo del tagliente resta costante.

Per filettare madreviti si usano utensili ad angolo retto con nasello di forma adatta alla filettatura (fig. 254) oppure utensili circolari a profilo costante.

La fig. 255 rappresenta un utensile a placchetta *(utensile al carburo)*.

§ 97. - Trasmissioni.

La trasmissione del movimento tra due organi meccanici può ottenersi:

1° - per contatto diretto (ruote di frizione e ruote dentate);

2° - per mezzo di un organo intermedio (cinghie, funi, ecc.).

§ 98. - Ruote di frizione.

Consideriamo due alberi paralleli che portano due ruote cilindriche tangenti tra loro che premono l'una contro l'altra (figura 256). Se si fa girare una ruota (ruota conduttrice), per attrito gira anche l'altra in senso inverso (ruota condotta). Se le due ruote hanno lo stesso diametro, e non c'è strisciamento, ad ogni giro della ruota conduttrice corrisponde un giro di quella condotta.

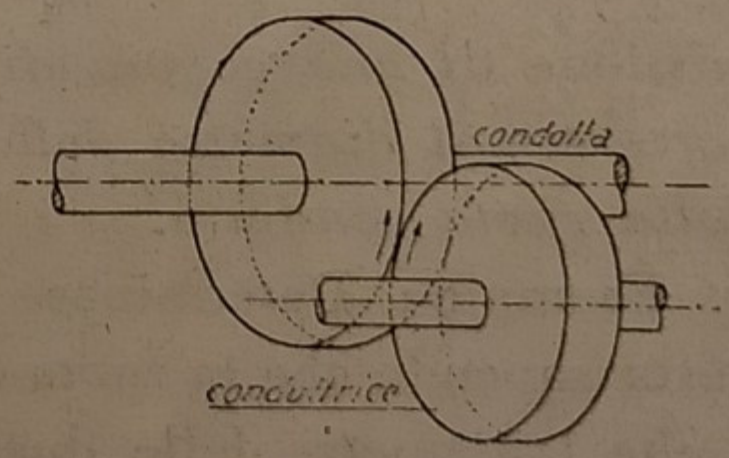


Fig. 256.

La ruota conduttrice r abbia, ad es., diametro $D_1 = 200$ mm e la ruota condotta R abbia diametro doppio: $D_2 = 400$ mm.

Anche le circonferenze delle due ruote saranno una doppia

dell'altra e ad un giro della ruota r corrisponderà mezzo giro della ruota R (fig. 257); analogamente a 100 giri della ruota r corrisponderanno 50 giri della ruota R. Si ha:

	Giri (al minuto)	Diametro (mm)
ruota condotta	$n_2 = 50$	$D_2 = 400$
» conduttrice	$n_1 = 100$	$D_1 = 200$

Risulta:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

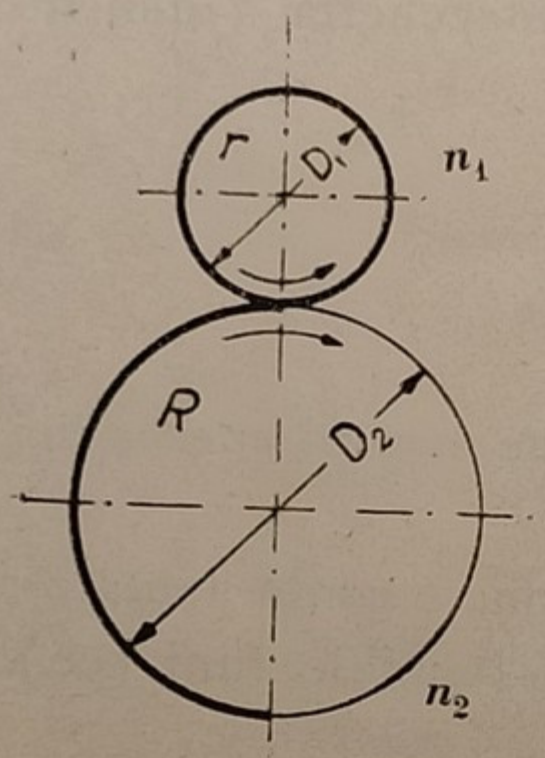


Fig. 257.

I numeri dei giri delle due ruote sono inversamente proporzionali ai loro diametri.

Si chiama *rapporto di trasmissione* il rapporto $t = n_2/n_1$ tra il numero dei giri dell'albero condotto ed il numero dei giri dell'albero motore (nell'esempio precedente $t = {}^1/_2$).

Se, ad es., il rapporto di trasmissione è $t = \frac{n_2}{n_1} = \frac{2}{3}$ ciò vuol dire che mentre l'albero motore fa tre giri quello condotto ne fa due. Il numero dei giri dell'albero condotto si ottiene moltiplicando per il rapporto di trasmissione il numero dei giri dell'albero motore: $n_2 = n_1\ t$.

Dalla relazione $t = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$ risulta che *il rapporto di trasmissione di una coppia di ruote di frizione è uguale al rapporto tra il diametro della ruota conduttrice ed il diametro della ruota condotta.*

Esempio: Determinare il numero dei giri della ruota condotta sapendo che la ruota conduttrice fa $n_1 = 200$ giri al minuto e che i diametri delle due ruote sono: $D_1 = 180$ e $D_2 = 480$.

Dalla relazione precedente si ha:

$$n_2 = n_1 \times \frac{D_1}{D_2}\ \text{, e quindi:}$$

$$n_2 = \frac{200 \times 180}{480} = 75 \text{ giri al minuto.}$$

§ 99. - Ruote dentate.

Le ruote di frizione si usano soltanto per trasmettere piccole forze periferiche perchè, se la resistenza da vincere è notevole, la ruota conduttrice scivola su quella condotta senza trasmettere il movimento.

In questo caso si sostituiscono le ruote di frizione con ruote dentate che possono trasmettere anche sforzi rilevanti.

Si può immaginare di ottenere una ruota dentata munendo di denti la periferia di una ruota di frizione: il diametro della ruota di frizione si chiama diametro primitivo (D_p) della ruota dentata. I diametri primitivi di una coppia di ruote dentate (fig. 258) sono i diametri di una coppia di ruote di frizione capace di trasmettere il movimento con lo stesso rapporto di trasmissione.

Due circonferenze, concentriche a quella primitiva (che ha il diametro D_p), limitano i denti esternamente (circonferenza

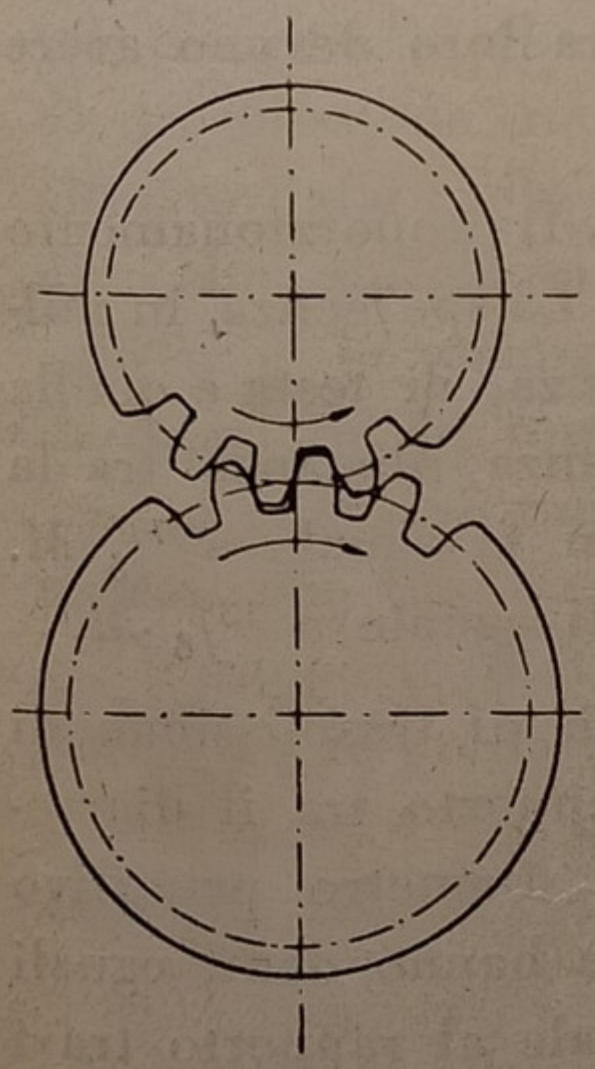


Fig. 258.

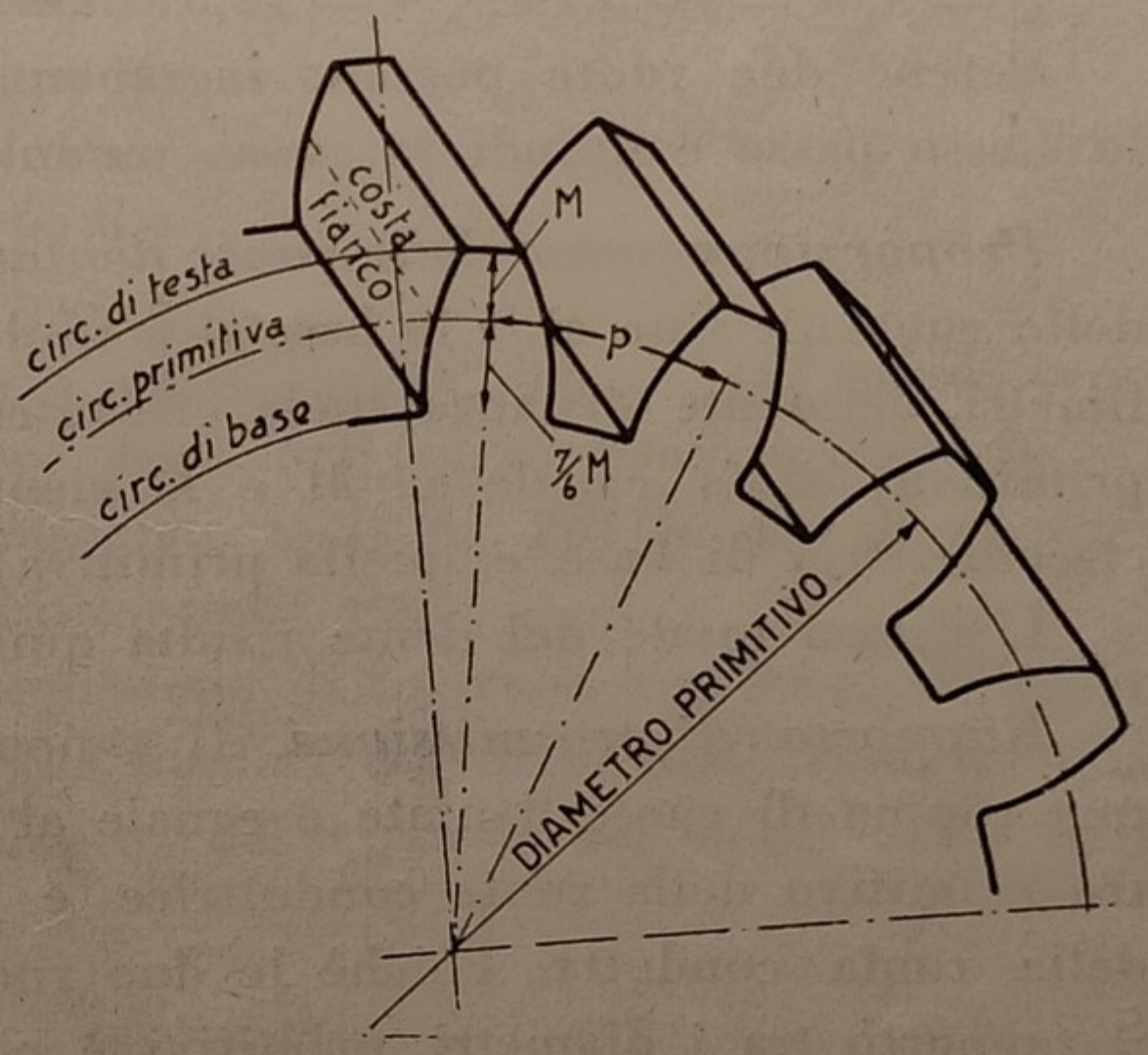


Fig. 259.

esterna o circonferenza di testa) e internamente (circonferenza interna o circonferenza di base - fig. 259).

Si chiama passo p della dentatura la distanza tra due denti consecutivi misurata sulla circonferenza primitiva.

Se una ruota ha, ad es., diametro primitivo $D_p = 120$ mm e $Z = 30$ denti per ottenere il passo si divide la lunghezza della circonferenza primitiva per il numero dei denti:

$$p = \frac{\pi\ D_p}{Z} = \pi \times \frac{120}{30} = 4\,\pi = 4 \times 3{,}14159\ldots \text{ mm.}$$

Per evitare il calcolo del passo (che è fastidioso a cagione delle cifre decimali) il proporzionamento della dentatura si fa mediante il rapporto $\frac{D_p}{Z} = \frac{120 \text{ mm.}}{30 \text{ denti}} = 4\ \text{mm}/_{\text{dente}}$ che si chiama *modulo* della dentatura. Si ha:

$$M = \frac{D_p}{Z}$$

Il modulo è il rapporto tra il diametro primitivo e il numero dei denti (ovvero tra il passo e π).

Esempio: Modulo $M = 4\ \text{mm}/_{\text{dente}}$ significa che ad ogni dente corrispondono 4 mm. di diametro primitivo.

Dato il modulo si ricava il passo moltiplicandolo per 3,14: $p = \pi\, M = \sim 3{,}14 \times 4 = 12{,}57$ mm.

Perchè due ruote possano ingranare tra loro devono avere lo stesso passo e quindi lo stesso modulo.

Proporzionamento delle ruote dentate. Il proporzionamento delle ruote dentate si fa in base al modulo. La sporgenza, in millimetri, del dente (distanza tra la circonferenza, di testa e quella primitiva) si fa eguale ad M e la rientranza (distanza tra la circonferenza di base e quella primitiva) si fa eguale a $^7/_6\ M$.

L'altezza totale del dente risulta quindi eguale a $^{13}/_6\ M$.

Rapporto di trasmissione. Il rapporto di trasmissione di una coppia di ruote dentate è eguale al rapporto tra il diametro primitivo della ruota conduttrice e il diametro primitivo della ruota condotta. Poichè le due ruote hanno denti eguali il rapporto tra i diametri primitivi è eguale al rapporto tra i numeri dei denti e, se z_1 è il numero dei denti della ruota conduttrice e Z_1 è il numero dei denti della ruota condotta, si ha:

$$t = \frac{n_2}{n_1} = \frac{z_1}{Z_1}$$

§ 100. - Ruotismi.

Si chiama ruotismo un sistema di ruote dentate ingrananti tra loro.

Il ruotismo rappresentato nella fig. 260 si ottiene ponendo una

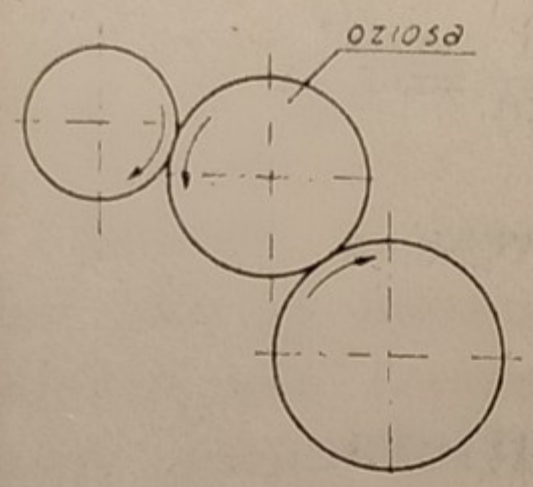


Fig. 260.

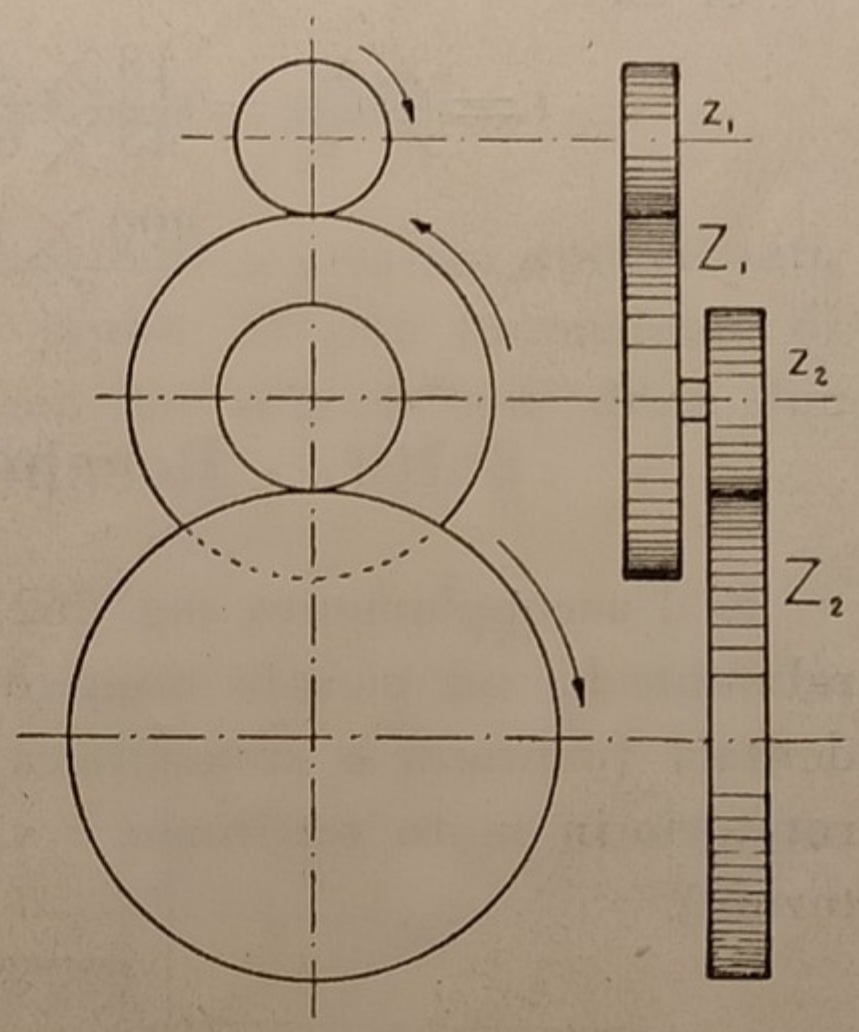


Fig. 261.

ruota intermedia tra le ruote di una coppia che, da sole, non coprirebbero la distanza tra gli assi [1]). Il rapporto di trasmissione non viene alterato dalla ruota intermedia, che si chiama *ruota oziosa*, e la prima e l'ultima ruota hanno lo stesso senso di rotazione (il numero degli assi del ruotismo è dispari).

Nel ruotismo rappresentato nella fig. 261 le due ruote intermedie sono montate sullo stesso asse.

Il rapporto di trasmissione di un ruotismo è uguale al rapporto tra il prodotto dei numeri dei denti delle ruote condottrici (z_1, z_2..) e il prodotto del numero dei denti delle ruote condotte (Z_1, Z_2..):

$$t = \frac{z_1 \ z_2..}{Z_1 \ Z_2..}$$

I ruotismi permettono di realizzare rapporti di trasmissione che non si potrebbero ottenere con una sola coppia di ruote.

---

[1]) La distanza tra gli assi di una coppia di ruote cilindriche è data dalla semisomma dei loro diametri.

Esempio: Determinare il rapporto di trasmissione del ruotismo, rappresentato nella fig. 261, dati i numeri dei denti delle ruote:

$z_1 = 18 \qquad z_2 = 22 \qquad Z_1 = 45 \qquad Z_2 = 60$

Calcolare inoltre il numero dei giri n_2 dell'albero condotto sapendo che l'albero motore fa 900 giri al minuto.

Si ha:

$$t = \frac{z_1\, z_2}{Z_1\, Z_2} = \frac{18 \times 22}{45 \times 60} = \frac{6 \times 11}{15 \times 30} = \frac{11}{75}$$

$$n_2 = n_1\, t = \frac{900 \times 11}{75} = 132 \text{ giri/}_{\text{min.}}$$

§ 101. - Rocchetto e dentiera.

E' l'accoppiamento (fig. 262) tra una ruota dentata, che generalmente ha un piccolo numero di denti (rocchetto), ed un'asta dentata (dentiera o cremagliera). Serve a trasformare il moto rotatorio in moto rettitineo e viceversa (piallatrice, carrello del tornio).

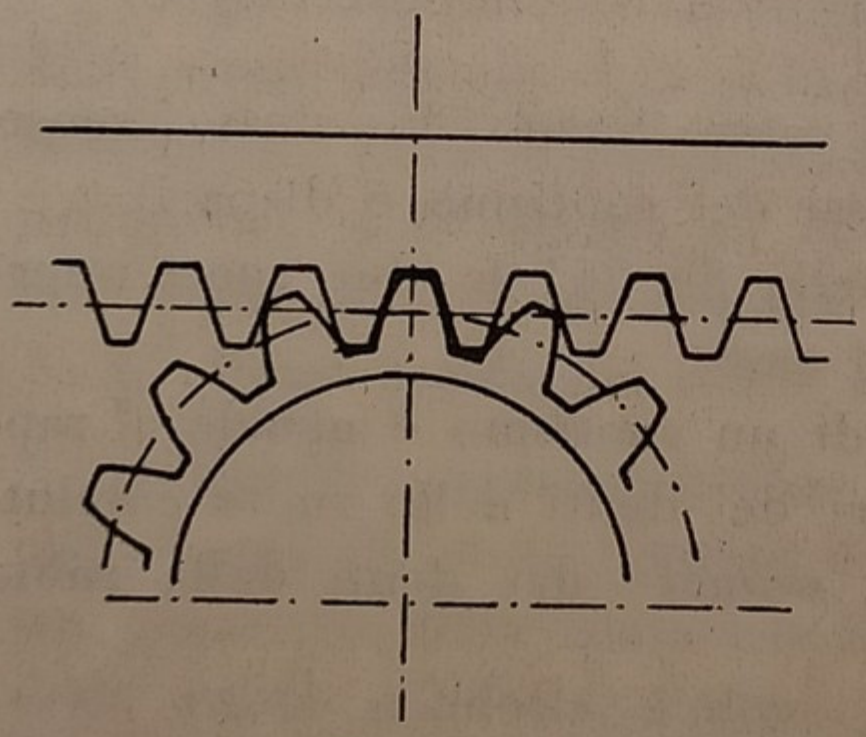


Fig. 262. Rocchetto e dentiera.

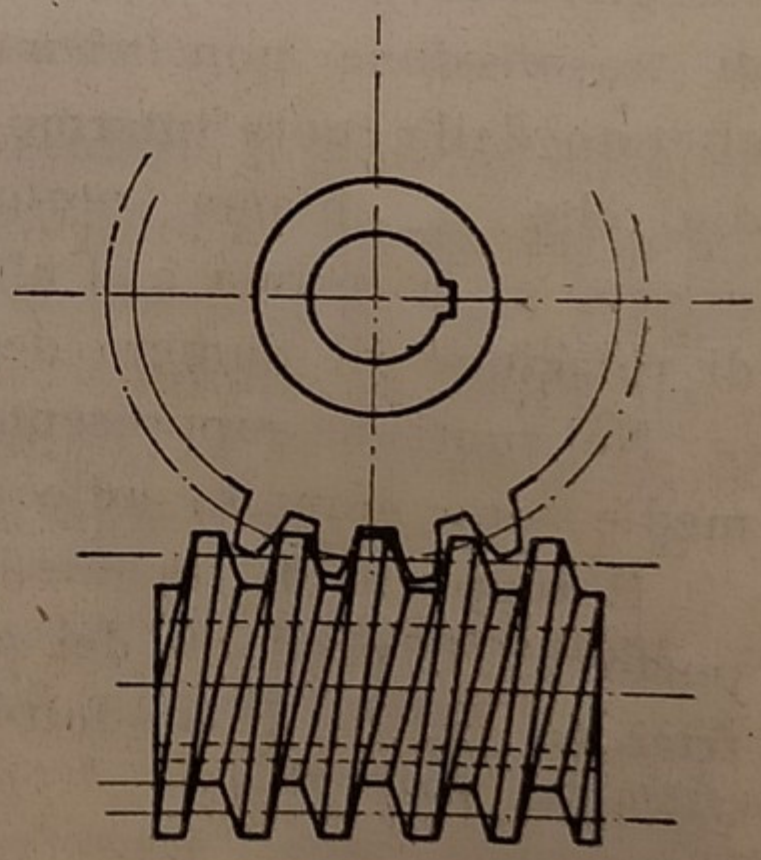


Fig. 263. Vite perpetua e ruota elicoidale.

§ 102. - Vite perpetua.

L'accoppiamento vite perpetua (o vite senza fine) e ruota elicoidale (fig. 263) serve a trasmettere il moto tra assi

sghembi che incrociano a 90°. La vite può avere uno, due o tre principi. Il rapporto di trasmissione si ottiene dividendo il numero dei principi della vite per il numero dei denti della ruota. Se la vite perpetua è ad un solo principio il rapporto di trasmissione è dato dall'inverso del numero dei denti della ruota elicoidale.

§ 103. - Ruote dentate coniche.

Servono a trasmettere il movimento tra assi concorrenti, cioè che si incontrano in un punto. Si può immaginare di ottenere una coppia di ruote coniche munendo di denti due ruote coniche di frizione.

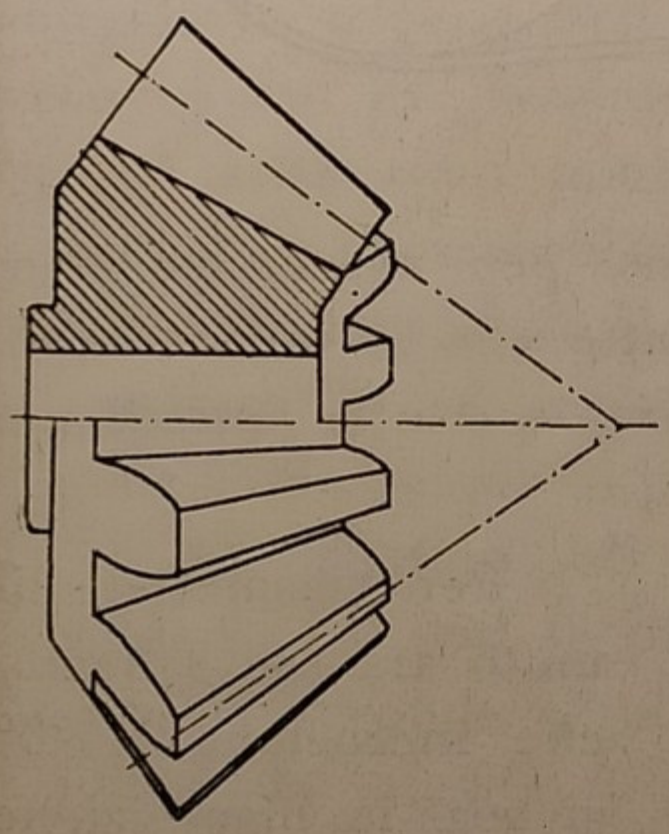


Fig. 264.

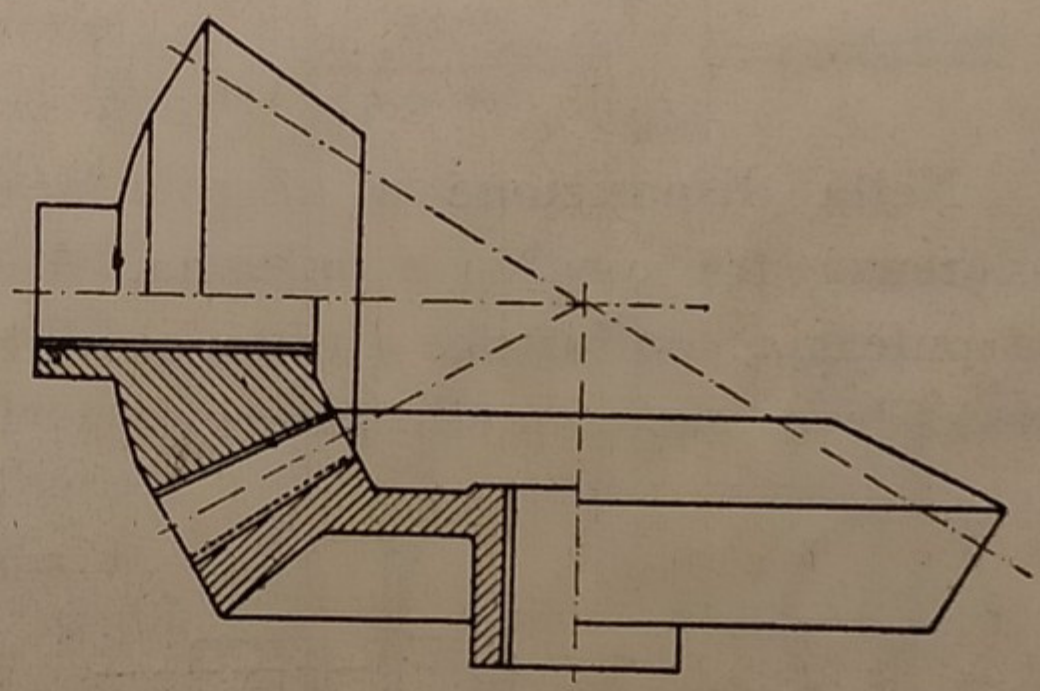


Fig. 265.

La fig. 264 rappresenta una ruota dentata conica e la figura 265 una coppia di ruote coniche per la trasmissione del movimento tra assi perpendicolari.

§ 104. - Trasmissioni a cinghia.

Si usano per trasmettere il movimento tra due alberi posti ad una certa distanza tra loro (almeno 2,5 volte il diametro della puleggia maggiore).

La puleggia conduttrice trasmette il movimento alla puleggia

condotta mediante una cinghia oppurtunamente tesa e avente sezione adeguata allo sforzo da trasmettere.

Quando le pulegge sono nello stesso piano si usano:

1° - la disposizione a cinghia aperta, se i due alberi devono girare nello stesso senso (fig. 266);

2° - la disposizione a cinghia incrociata, se i due alberi devono girare in senso contrario (fig. 267).

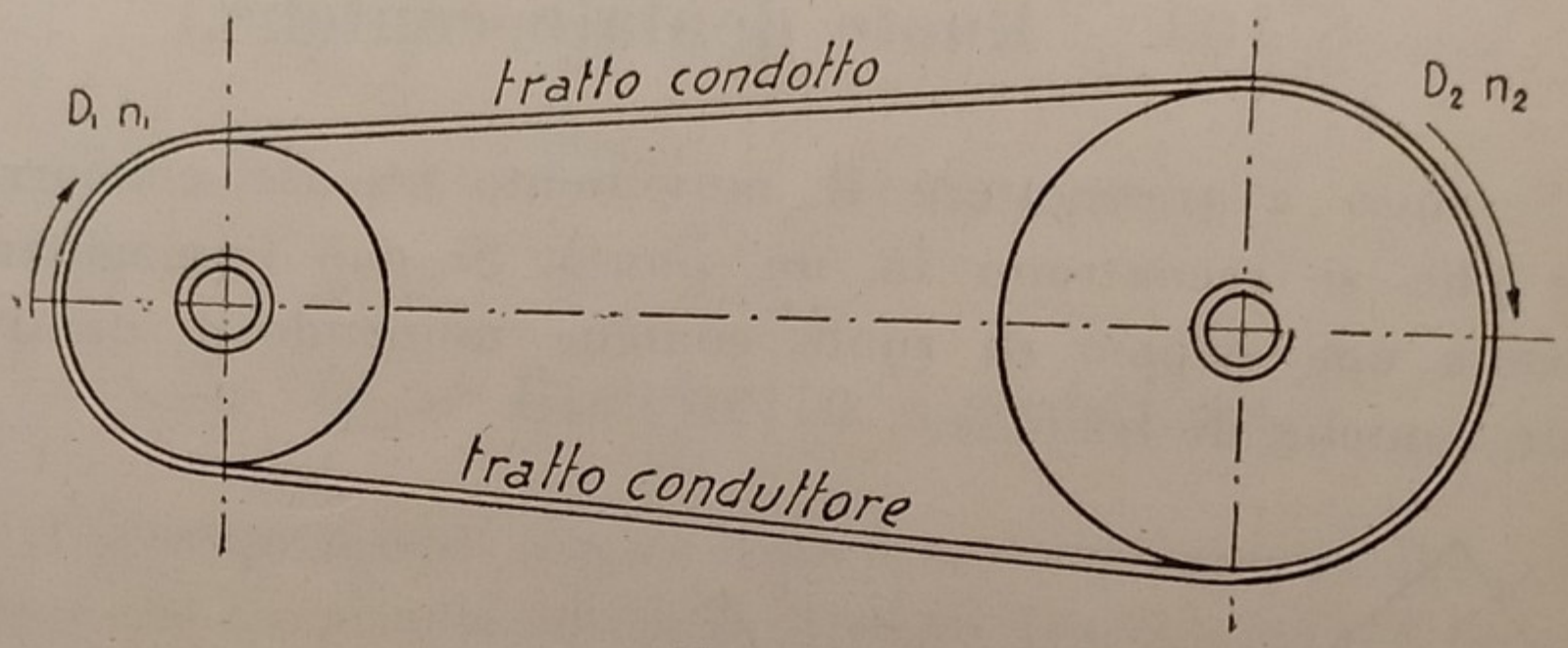


Fig. 266.

Nella disposizione a cinghia aperta, per avere maggiore aderenza tra cinghia e puleggia, il tratto che si muove verso la puleggia conduttrice (tratto conduttore) e risulta quindi più teso, deve essere quello inferiore.

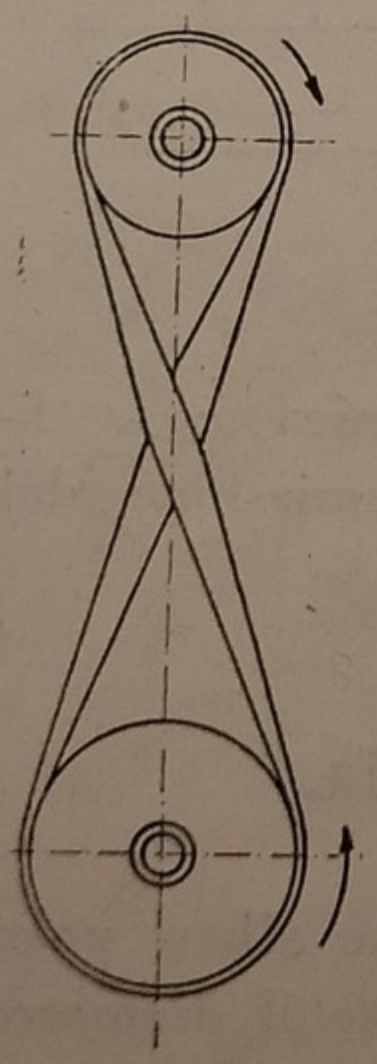


Fig. 267.

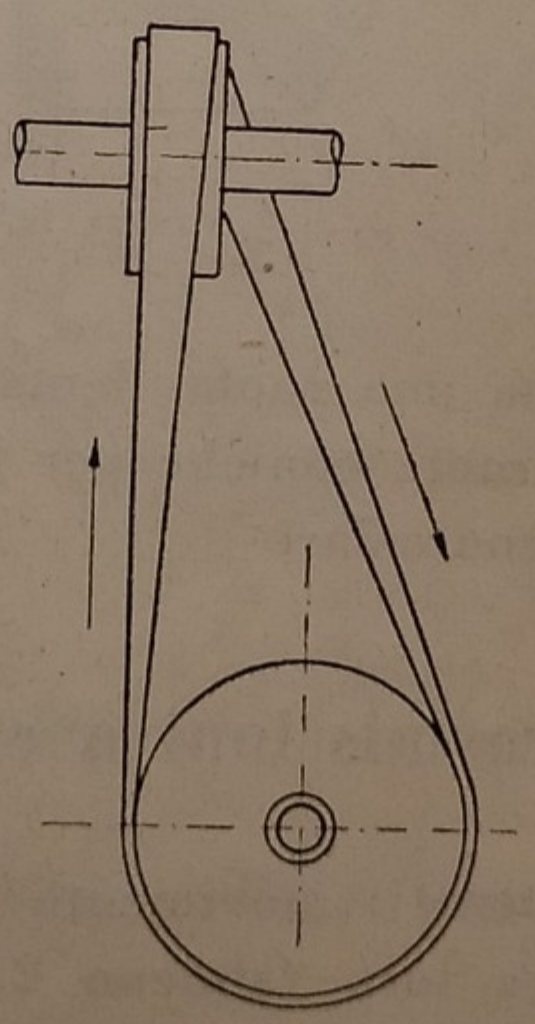


Fig. 268.

Per trasmettere il moto tra assi sghembi che incrociano a 90° si usa la disposizione a cinghia semincrociata (fig. 268).

Oltre alle cinghie piatte (di cuoio, pelo di cammello, cotone gommato) si usano anche cinghie trapezoidali che permettono di di realizzare notevoli rapporti di trasmissione. La cinghia e la gola della puleggia hanno sezione trapezia.

Rapporto di trasmissione. E' uguale al rapporto tra il diametro della puleggia conduttrice e quello della puleggia condotta:

$$t = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

Occorre però tenere presente che a cagione della elasticità si ha uno slittamento che riduce il numero dei giri della puleggia condotta ($0{,}5 \div 2\,^0/_0$).

Il rapporto di trasmissione di un sistema di pulegge è uguale al rapporto tra il prodotto dei diametri delle pulegge conduttrici ed il prodotto dei diametri delle pulegge condotte.

La fig. 269 rappresenta schematicamente la costituzione di una trasmissione a cinghia usata per azionare le macchine utensili di un'officina (vedi n. 106). La cinghia 1 collega la puleggia del motore colla puleggia motrice *A* dell'albero principale di trasmissione. Questo porta tanti tamburi *T* quante sono le macchine utensili a cui deve dare il moto. Il tamburo *T* è collegato colla cinghia 2 alla coppia di pulegge *F* ed *F'*, calettate sull'albero secondario, di cui la prima è fissa e la seconda è folle. Finalmente la cinghia 3 collega l'albero secondario all'albero motore della macchina utensile.

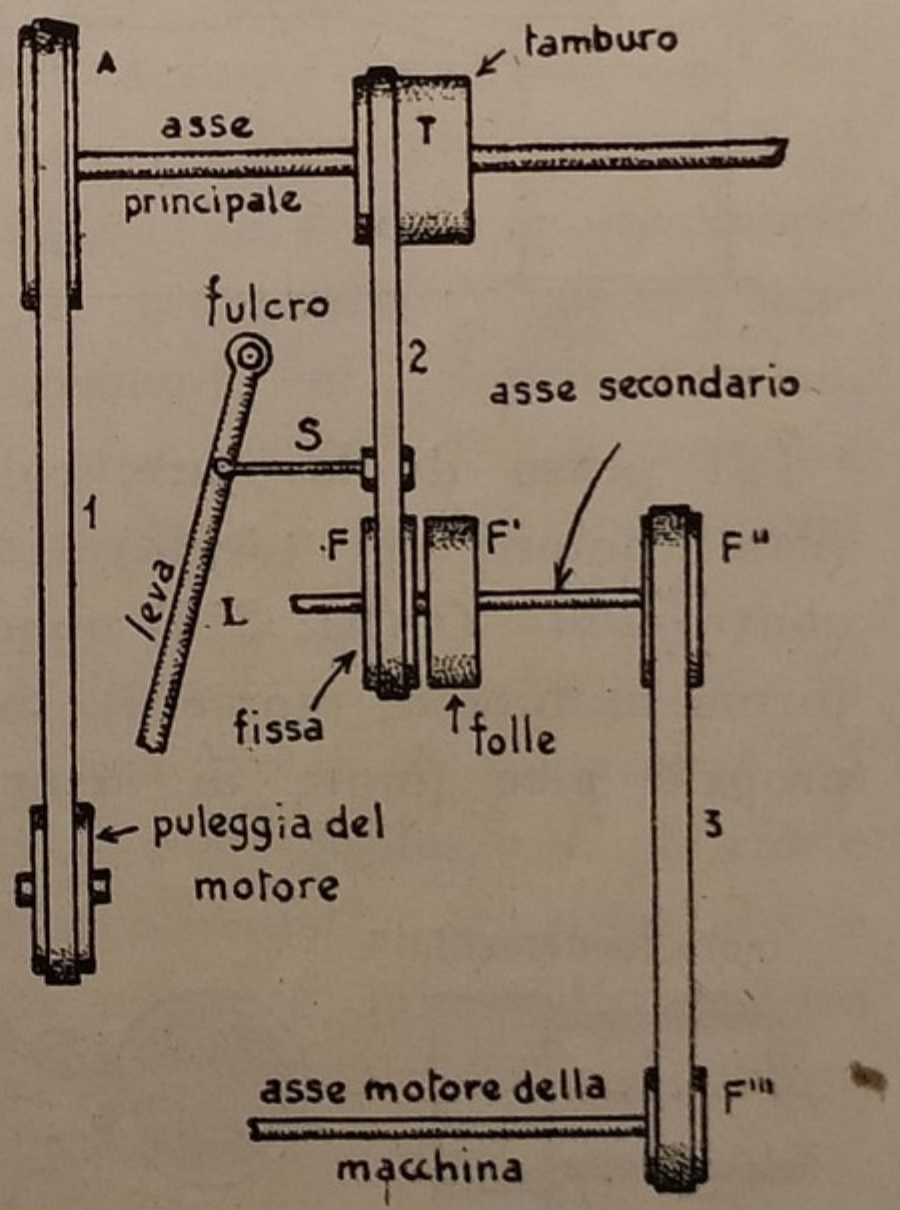


Fig. 269.

La cinghia 2 può essere posta sulla puleggia fissa (per mettere in moto la macchina) o sulla folle (per fermarla) mediante la leva *L* che agisce sul braccio spostacinghia *S*.

§ 105. - Tornio parallelo.

Il tornio è quella macchina utensile rotativa in cui il moto fondamentale (rotazione) è posseduto dal pezzo e quello di avanzamento (traslazione rettilinea) appartiene all' utensile (fig. 271).

I *torni* si usano comunemente per fare due diverse operazioni: *tornitura* e *filettatura*. Colla tornitura si dà al pezzo la forma di solido di rotazione (generalmente forma cilindrica o conica) e colla filettatura si fabbricano viti e madreviti (come, per esempio, la vite di un bullone e la madrevite del relativo dado). I torni che, oltre a tornire, sono adatti a filettare, si chiamano comunemente *torni paralleli*.

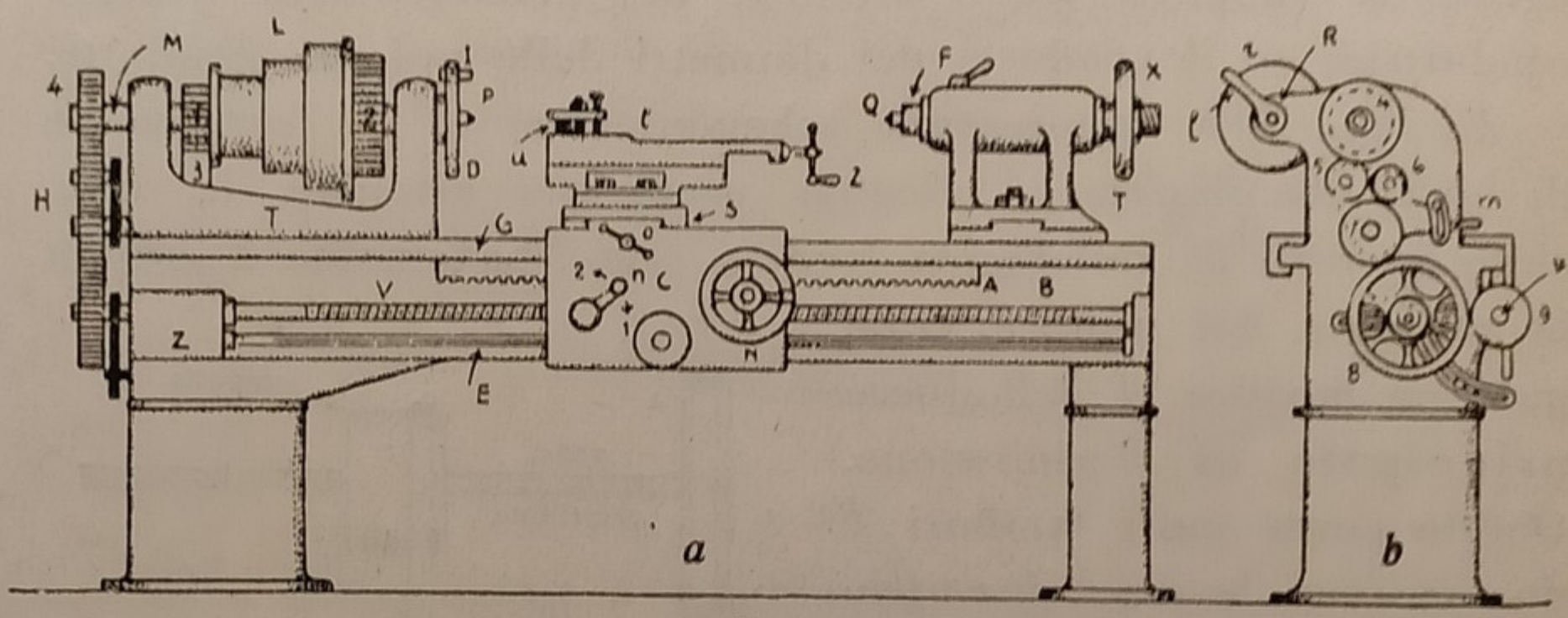


Fig. 270.

Il pezzo da lavorare, collegato rigidamente al *mandrino*, (asse motore del tornio) viene montato *tra la punta P e la contropunta Q* (fig. 270) oppure *a sbalzo* (mediante una piattaforma munita di morsetti), in guisa che possa girare attorno al proprio asse (moto di lavoro), mentre l'utensile, serrato in apposito morsetto della slitta porta utensili *t* viene premuto contro il pezzo perchè possa penetrarvi per un piccolo tratto *(profondità di taglio o di passata)*; nello stesso tempo gli si impartisce il *moto di avanzamento* (fig. 271). Così il nasello, penetrando nel corpo del pezzo e spostandosi parallelamente all'asse di questo, produce, se il materiale è dolce, un truciolo continuo, a forma di nastro attorcigliato.

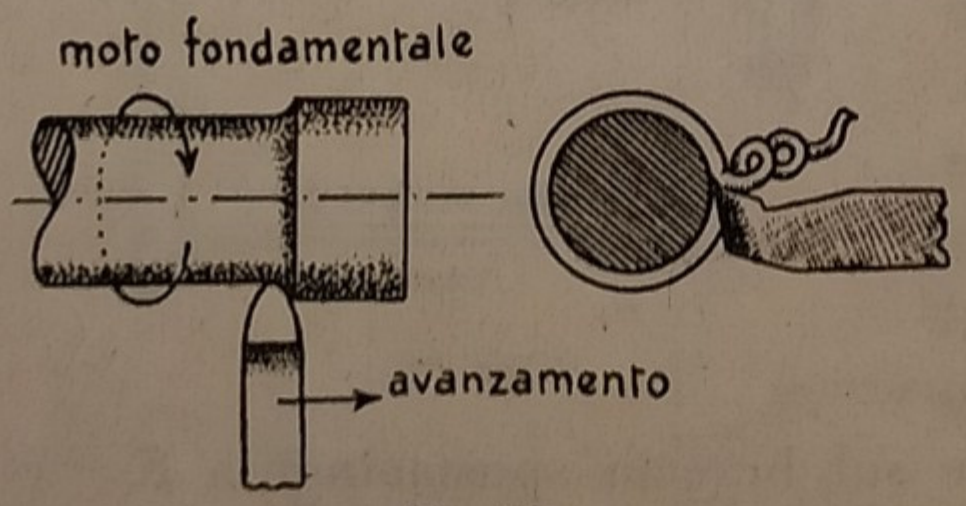


Fig. 271.

Se noi osserviamo (fig. 270) un tornio parallelo come lo vede

chi vi lavora, possiamo rilevare che esso è composto di un *banco* di ghisa *B* portante superiormente due *guide G* (piane o prismatiche) orizzontali, parallele, ben spianate e rettificate. Sul banco esistono:

1° - A sinistra, *la testa motrice* o *toppo fisso T*, supporto munito di 4 cuscinetti (in cui alloggiano i perni *dell'albero principale* o *mandrino M* e quelli dell'albero del *ritardo R* ad esso parallelo e posteriore).

2° - A destra, *la contro testa* o *toppo mobile T'*, supporto a manicotto in cui può scorrere il canotto o fuso *F*.

3° - In mezzo, il carrello *porta-utensile C* scorrevole lungo le guide e munito della *slitta traversale S* e della *piastra girevole* o *torretta t* (girevole attorno ad un asse verticale solidale colla slitta).

Sotto il bordo anteriore del banco sono situati:

1° - La *dentiera* o *cremagliera A*, fissa, che serve a dare al carrello lo spostamento a mano lungo le guide *(avanzamento longitudinale a mano)*, mediante la manovella *N* sul cui asse è calettato un rocchetto dentato ingranante colla dentiera stessa.

2° - La *vite conduttrice* o *vite madre V* che serve a dare al carrello l'*avanzamento longitudinale automatico* quando si fanno lavori di filettatura.

3° - La *barra conduttrice* o *candela E* che serve, per lo stesso scopo della vite madre, per i lavori di tornitura. Sul fianco sinistro della macchina vi è un complesso *H* di ruote dentate che stabilisce il collegamento cinematico tra il mandrino e la vite madre. Per vedere come avviene tale collegamento dobbiamo osservare più da vicino la composizione del toppo fisso e quella del ruotismo *H*.

§ 106. - Testa motrice.

La testa motrice serve a dare al mandrino il moto rotatorio di lavoro e può essere:

1° - *conopuleggia*;

2° - *monopuleggia*;

Il mandrino (pieno o forato) è munito di una sede conica, in cui alloggia la punta *P*, ed ha l'estremo (naso) filettato per ricevere gli organi di sostegno (piattaforme) del pezzo in lavorazione.

La fig. 272 rappresenta schematicamente una testa motrice conopuleggia.

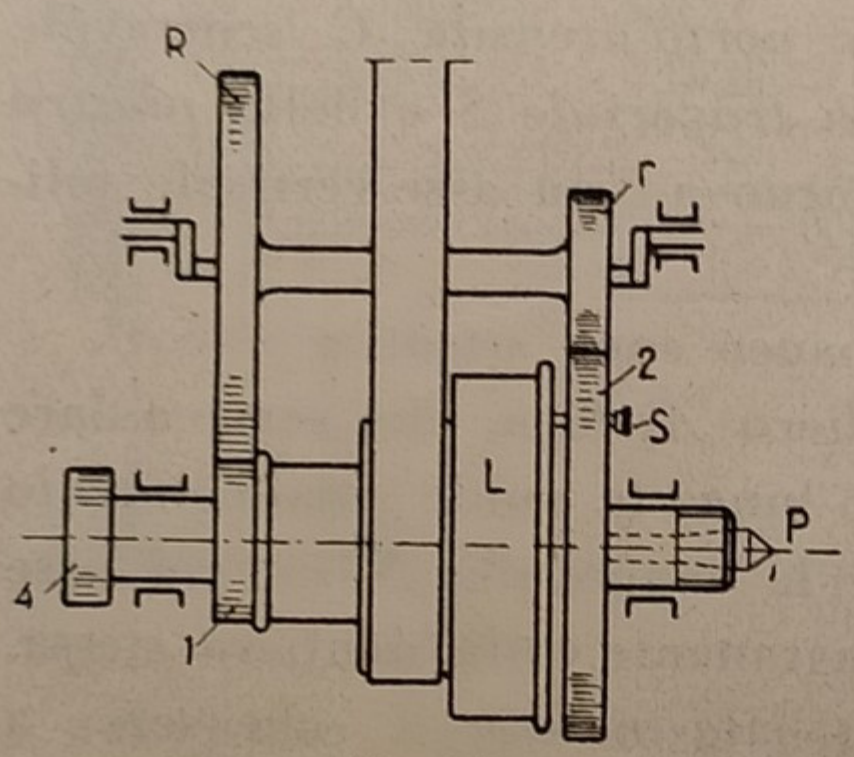


Fig. 272.

Sul mandrino sono calettati: una ruota dentata *2*, fissa, ed un manicotto folle portante il *cono di pulegge L* ed il rocchetto dentato *1* con esso solidale. Il mandrino stesso termina esternamente colla ruota dentata *4* che è destinata a trasmettere il moto alla vite madre attraverso un ruotismo. Dietro il mandrino, e parallelamente ad esso, esiste, come si è accennato, l'albero del ritardo che ha i perni eccentrici e porta un manicotto folle munito di un rocchetto *r* e di una ruota dentata *R*. Queste due ruote possono ingranare rispettivamente colla ruota dentata *2* e col rocchetto *1* del mandrino.

Il complesso delle quattro ruote e dell'albero si chiama *ritardo*.

Il cono di pulegge è posto in moto da una cinghia collegante uno dei suoi gradini col gradino corrispondente di un cono complementare montato sull'albero secondario dell'officina. Fissando, mediante la spina *S*, la ruota dentata 2 al cono di pulegge ed escludendo il ritardo, si hanno le massime velocità *(marce in volata)*, di cui la più grande è quella che si ottiene ponendo la cinghia sul gradino minore del cono di pulegge *L*; togliendo la spina *S* ed includendo il ritardo, si hanno le minime velocità *(marce in ritardo)*, di cui la più piccola corrisponde alla cinghia posta sul gradino maggiore.

Se il cono di pulegge ha tre gradini si hanno tre velocità in volata e tre con il ritardo: il tornio ha quindi sei velocità di rotazione (gamma di velocità angolari). Vi sono anche teste motrici con cono di pulegge a quattro (o più) gradini e doppio ritardo (si hanno allora 4 velocità in volata, 4 col primo ritardo e 4 col secondo ritardo).

Testa motrice monopuleggia. Il cono di pulegge è sostituito da una sola puleggia collegata ad un cambio di velocità e comandata dal motore elettrico, generalmente mediante cinghie trapezoidali. Con la testa motrice monopuleggia l'operatore può ottenere rapidamente le diverse velocità mediante manovra di leve e senza muoversi dal suo posto normale di lavoro per spostare la cinghia da un gradino all'altro.

§ 107. - Carrello.

E' il complesso delle slitte che servono ad impartire all'utensile i movimenti necessari alle diverse lavorazioni (fig. 273).

Il carrello è composto dalle seguenti parti:

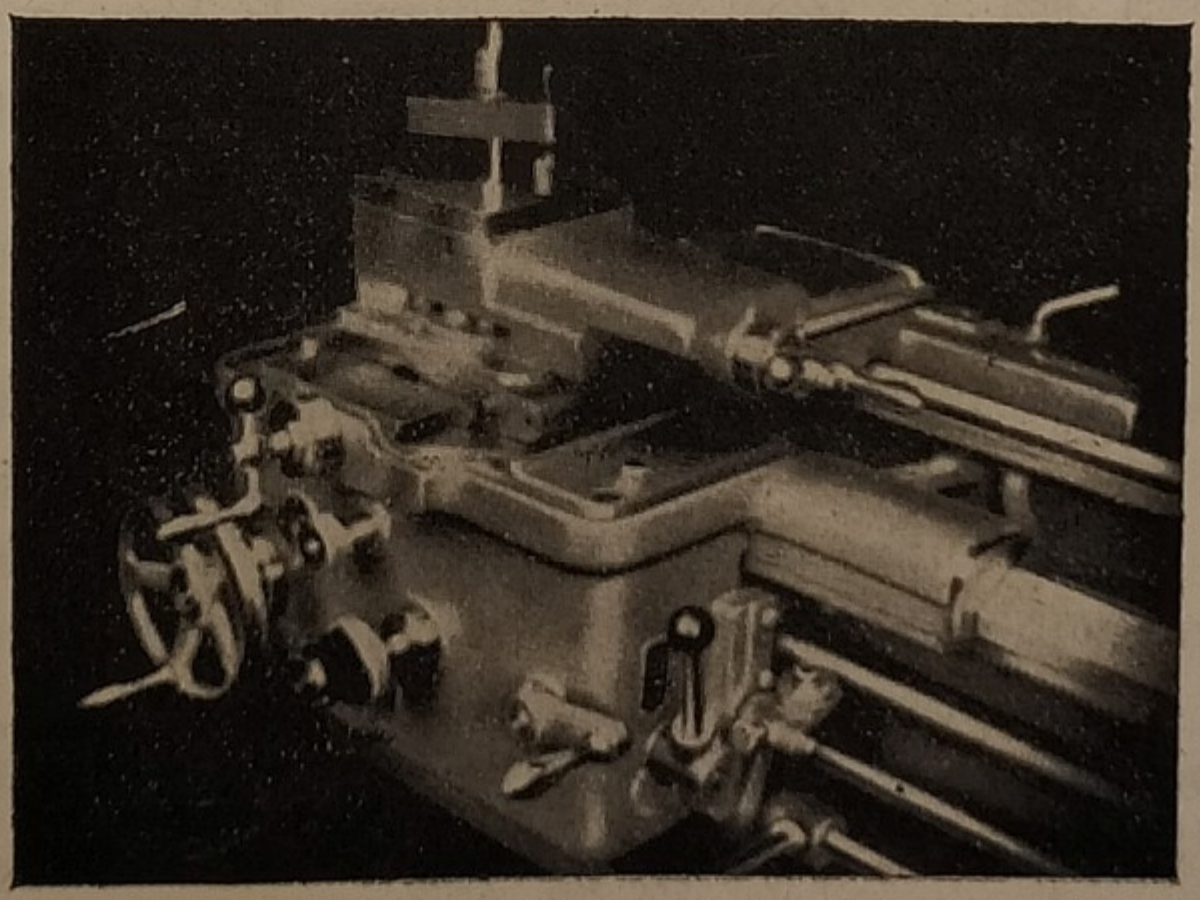


Fig. 273. Carrello del tornio (Nebiolo v. fig. 291.)

1°. *grembiale (o anticarrello)*, contiene i meccanismi e gli organi di manovra;

2° - *slitta longitudinale:* scorre sulle guide del banco (avanzamento longitudinale);

3° - *slitta traversale:* scorre perpendicolarmente alle guide (avanzamento trasversale);

4° - *piastra girevole (o torretta):* può ruotare intorno ad un asse verticale;

5° - *slitta porta-utensili (o slitta superiore);* scorre sulla piattaforma girevole e ruota con essa;

6° - *supporto (o morsetto) porta-utensili:* serve a sostenere l'utensile.

L'avanzamento longitudinale automatico per la filettatura si ottiene mediante la vite conduttrice. Questa è una grossa vite a filettatura trapezia che riceve il movimento dal mandrino (mediante il ruotismo *H* - fig. 270 *a*). Perchè però il moto della vite madre, in senso uguale o contrario a quello del mandrino, possa determinare l'avanzamento longitudinale del carrello avanti o indietro, è necessario che il carrello sia collegato alla vite madre. Questo collegamento, come pure il disinnesto, si ottiene mediante la leva *n* (fig. 270 *a*); muovendola nel senso 1 si ha l'innesto, muovendola nel senso 2 il disinnesto. Il meccanismo è illustrato in sezione dalla fig. 274. Dietro la piastra anteriore *A* del carrello è posta una madrevite spaccata in due parti uguali *c* e *c'* (chiocciola), che possono stringersi attorno alla vite madre *V*, o distaccarsene, mediante i piuoli *p* e *p'*, scorrevoli in apposite scanalature, azionati dalla rotazione della leva *n* (nel senso 1 o nel senso 2 della fig. 270 *a*). L'avanzamento traversale del carrello si ha girando la manovella *o* che mette in rotazione una vite dentro una chiocciola fissata alla slitta *S*.

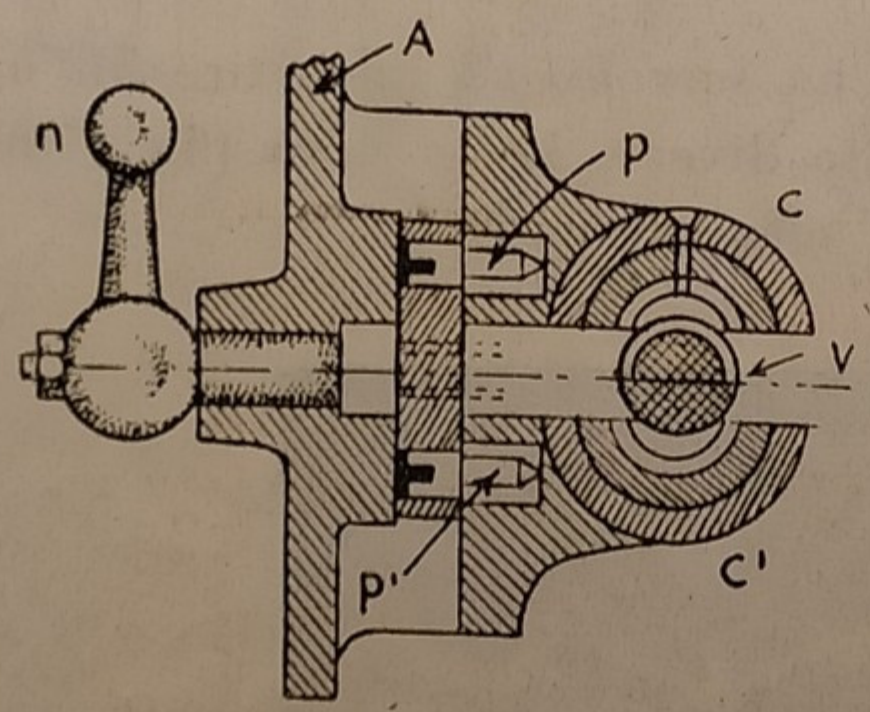


Fig. 274.

Nei lavori di tornitura l'avanzamento longitudinale automatico si ottiene, per evitare il consumo della vite, mediante

la *barra conduttrice*. Questa è un'asta cilindrica scanalata che riceve il moto di rotazione dal mandrino e può scorrere entro una vite senza fine sostenuta da un supporto fissato al grembiale del carrello. Sullo stesso asse della ruota elicoidale è montata una ruota cilindrica che, mediante ingranaggi, trasmette il moto al rocchetto che ingrana con la dentiera e provoca l'avanzamento longitudinale del carrello.

La coppia vite perpetua - ruota elicoidale può essere sostituita da una coppia di ingranaggi conici (fig. 275).

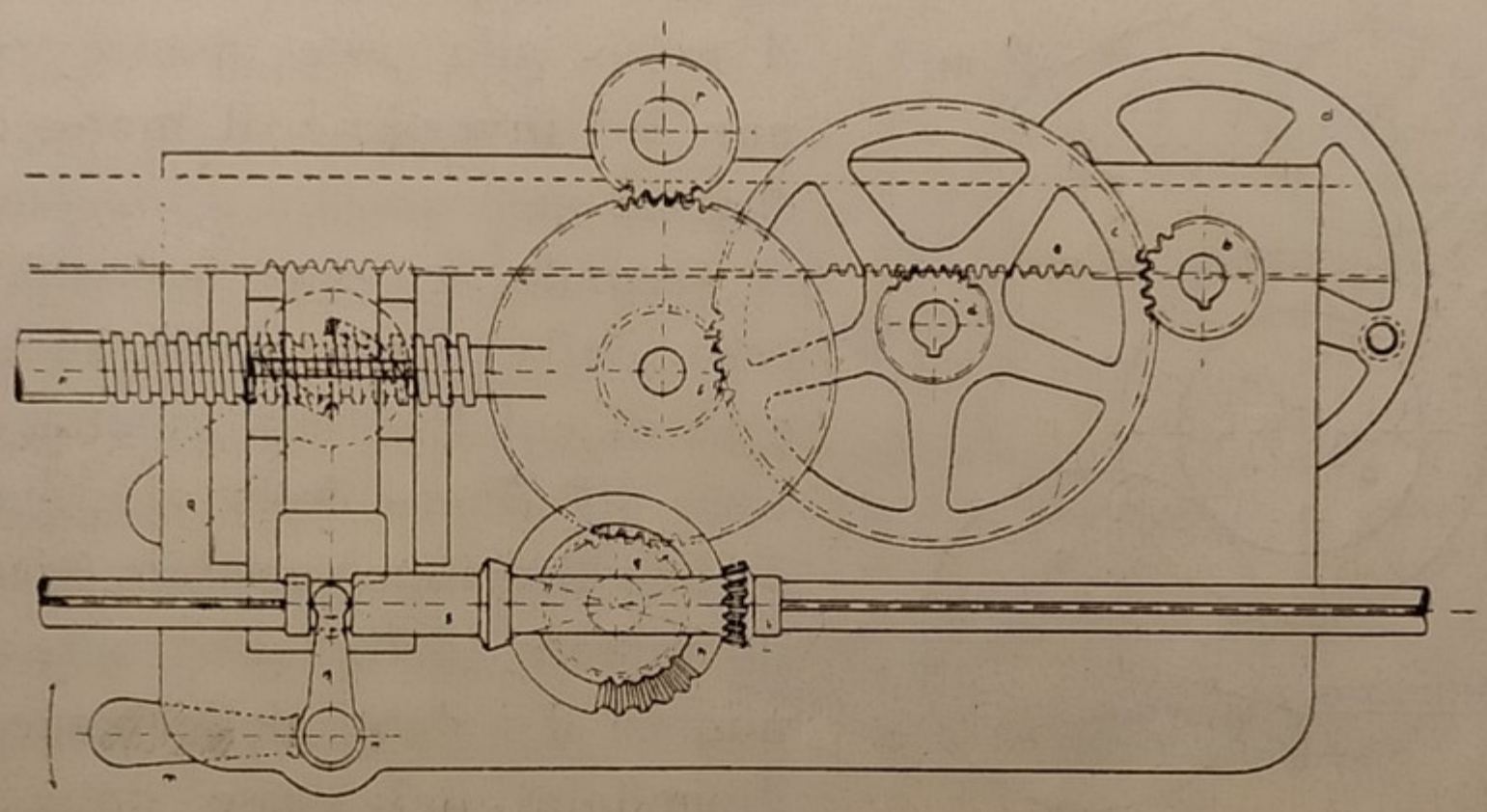


Fig. 275.

Il movimento, anzichè al rocchetto *d*, può essere trasmesso al rocchetto *r* che provoca la rotazione della vite che comanda gli spostamenti della slitta traversale (avanzamento traversale automatico).

Lo spostamento longitudinale a mano del carrello si ottiene girando il volantino che fa ruotare il rocchetto *d* che ingrana con la dentiera.

§ 108. - Comando della barra e della vite conduttrice.

Il moto della barra si ottiene mediante la ruota dentata 3 (fig. 270) ingranante col rocchetto 1 e con un sistema di ruote dentate nascosto in parte nel banco ed in parte nella scatola

d' ingranaggi *Z*. Questa è munita di leve per mettere in moto o fermare la barra e la vite madre e per dare diversi avanzamenti al carrello quando si tornisce (ossia quando si muove il carrello colla barra).

Il trasporto del movimento dal mandrino alla vite madre avviene, (fig. 276) partendo dalla ruota 4, attraverso due gruppi d'ingranaggi collegati l'uno coll'altro: il primo gruppo, formato delle tre ruote 5, 6 e 7 è di costituzione fissa, serve per trasmettere o no il moto alla vite madre come pure ad invertirne il moto e si chiama *meccanismo d'inversione*; il secondo gruppo, formato, nel caso della figura, delle ruote 8 e 9, di cui l'ultima calettata in testa all'albero della vite madre, è di costituzione variabile (giacchè il numero delle sue ruote ed i numeri dei denti delle medesime dipendono dal passo della vite che si deve costruire o della madre-vite da filettare) e serve solo a collegare il gruppo colla vite madre. Se si abbassa la leva *m* (vedi anche fig. 270 *b*) del meccanismo d'inversione, il moto viene trasmesso alla vite madre colle 4 ruote 4-5-6-7 (numero pari di ruote) e perciò la vite madre gira in senso opposto a quello del mandrino; se invece la si innalza, la ruota 5 viene esclusa, e, trasmettendosi il moto alla vite madre colle 3 ruote 4-6-7 (numero dispari di ruote), la vite madre gira nello stesso senso del mandrino; se finalmente si tiene la leva in posizione intermedia non vi è più trasmissione di moto.

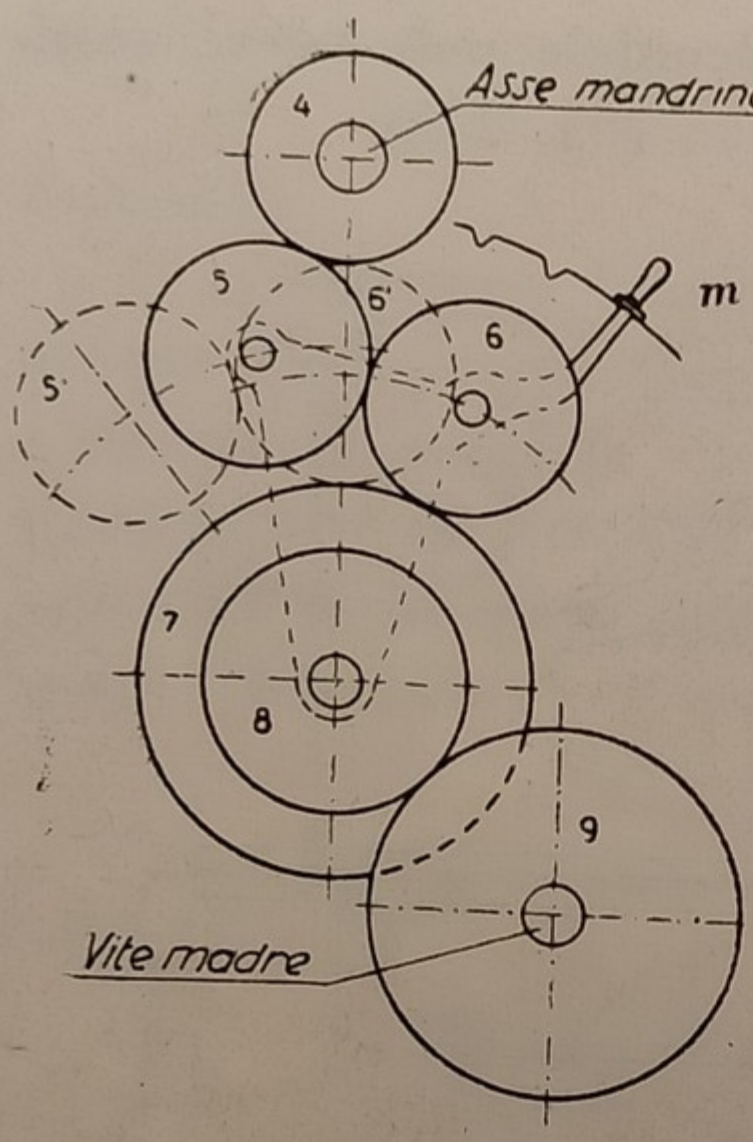


Fig. 276.

§ 109. - Montaggio del pezzo e dell' utensile.

Il montaggio del pezzo si effettua mediante una piattaforma che viene avvitata all'estremo filettato del mandrino e che può essere:

1° - *piattaforma menabrida* ;

2° - *piattaforma a morsetti indipendenti* ;

3° - *piattaforma autocentrante.*

Se il pezzo da lavorare è piuttosto lungo esso viene montato *tra le punte* (figura 277). A ciascun estremo del pezzo si pratica, mediante una punta per centrare (fig.278), un foro da centri [1]) a 60° (fig. 279 *a* con smusso, *b* senza smusso).

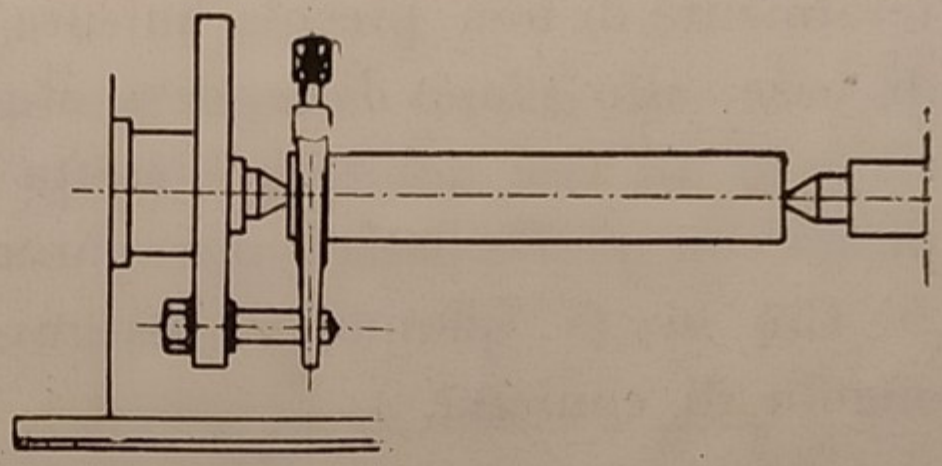


Fig. 277. Montaggio tra le punte

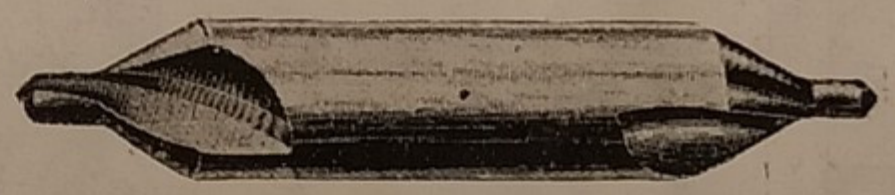
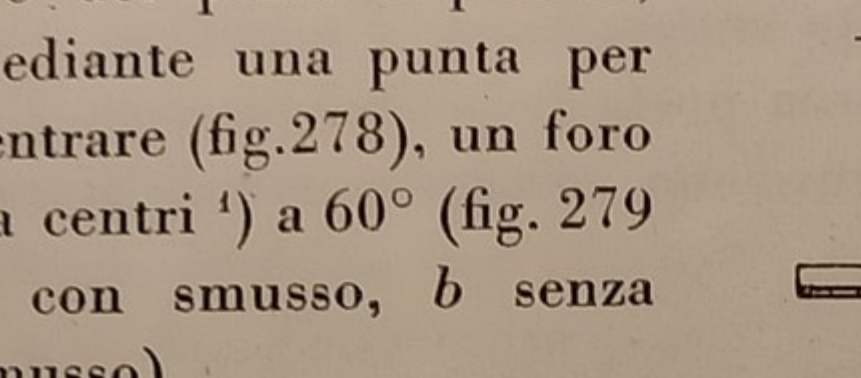


Fig. 278.



a) *b)*

Fig. 279.

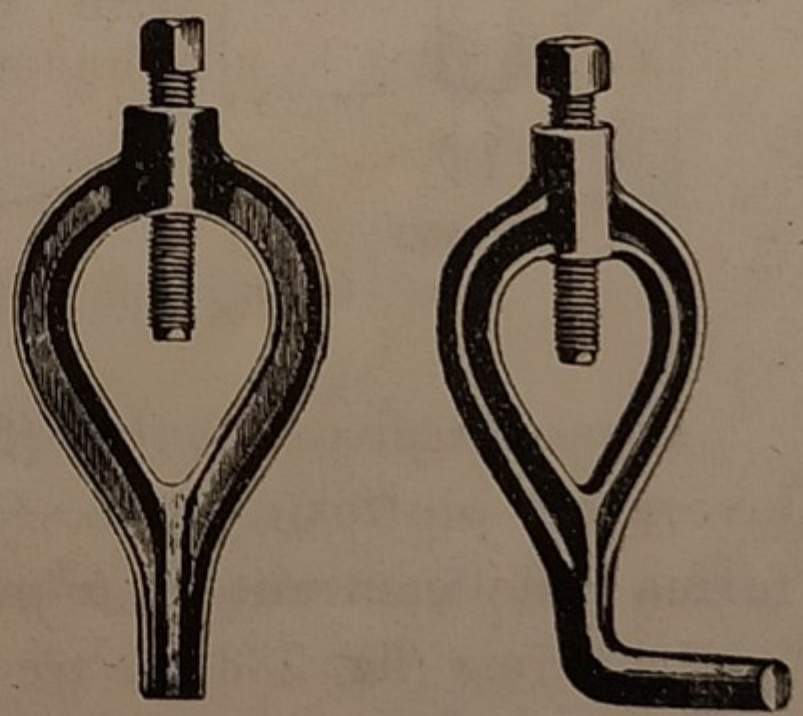


Fig. 280.

Per avvicinare la contropunta *Q* della contro testa alla punta *P* della testa, allo scopo di ottenere la distanza occorrente pel piazzamento del pezzo, si sposta tutto il toppo mobile lungo le guide e per serrare il pezzo tra le punte si fa avanzare il fuso *F* mediante la rotazione del volantino X (fig 270). L' oggetto, fissato tra le punte, riceve il moto

[1]) I fori da centri sono unificati.

di rotazione del mandrino dalla piattaforma menabrida munita di un morsetto ad occhio (*brida*: fig. 280), nel quale lo si stringe con una vite, e di un piuolo (fissato al disco con adatto dado). Il piuolo, premendo contro la testa della brida, costringe il pezzo a partecipare al moto di rotazione della piattaforma e quindi del mandrino (fig. 281).

Se il pezzo è molto lungo viene sostenuto con la lunetta per impedire che la pressione dell' utensile possa fletterlo lateralmente (vedi laboratorio tecnologico).

Dobbiamo infine notare che il toppo mobile può spostarsi lateralmente di una piccola misura (pochi mm) sulla sua piastra di base, allo scopo di rendere alquanto obliquo l'asse del pezzo rispetto all'asse del tornio (retta congiungente l'estremità della punta con quella della contropunta posta in posizione normale).

Ciò si fa quando si eseguiscono torniture aventi piccolo angolo di conicità.

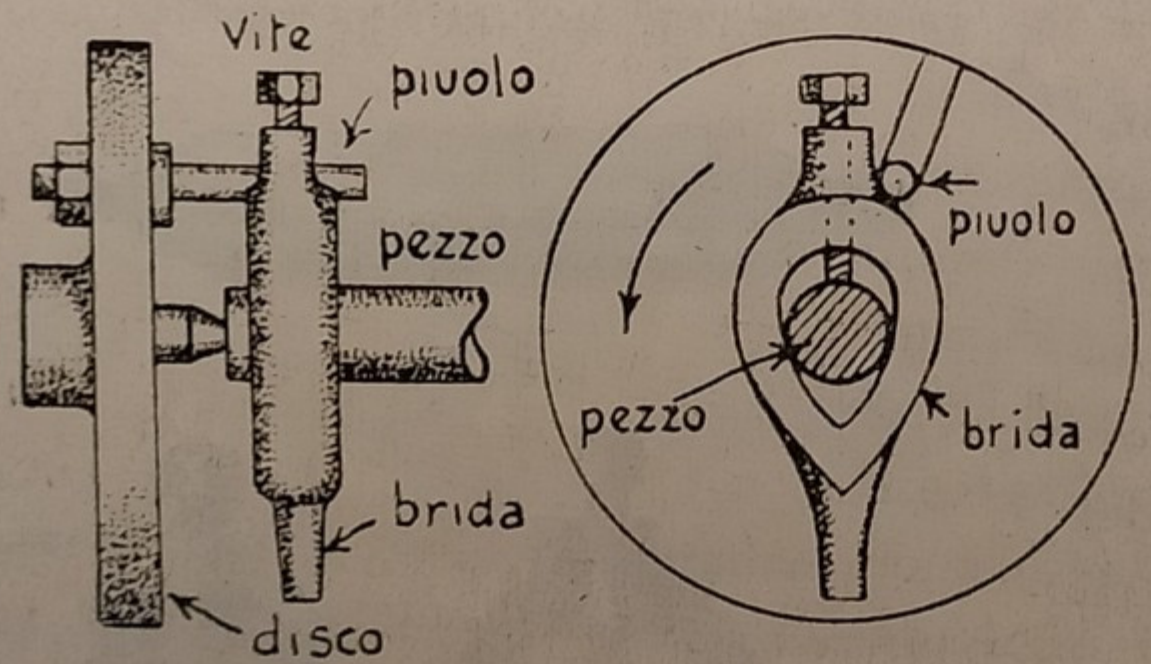


Fig. 281.

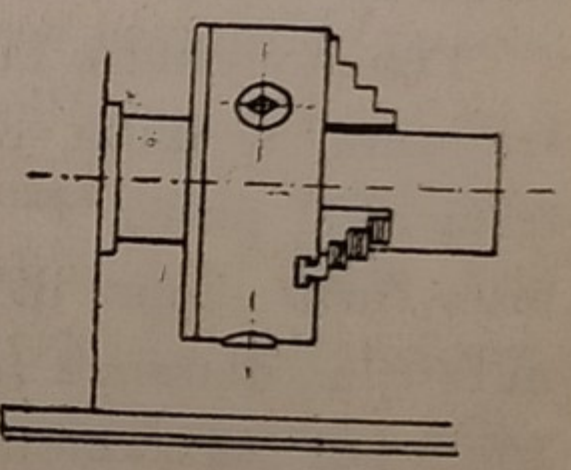


Fig. 282.
Montaggio a sbalzo.

Il montaggio *a sbalzo* (fig. 282) si usa quando il pezzo da lavorare è piuttosto corto. Esso viene sostenuto da una piattaforma auto centrante o a morsetti indipendenti.

La prima (fig. 283) ha tre o quattro morsetti, o griffe, che possono scorrere in altrettante scanalature radiali e si muovono contemporaneamente quando vengono comandati con apposita chiave. I morsetti sono sempre equidistanti dal centro e quindi il pezzo, che deve avere sezione regolare, risulta centrato.

Nella piattaforma a morsetti indipendenti (fig. 284) le griffe si muovono una indipendentemente dall'altra e per centrare il

pezzo, che può avere forma qualsiasi, è necessario compiere vari tentativi.

I pezzi che presentano un foro assiale e che non possono

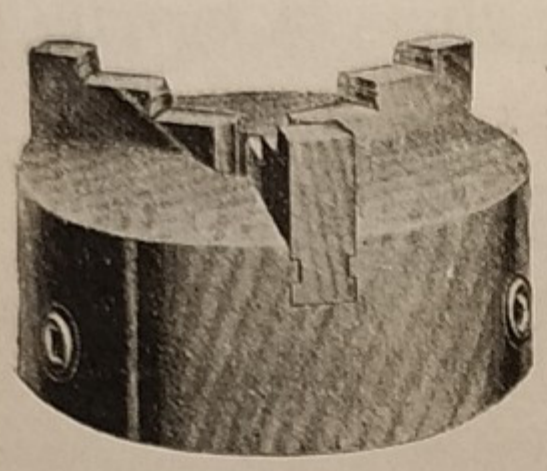
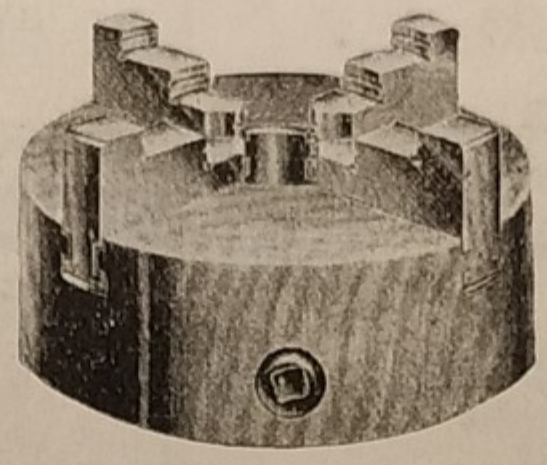


Fig. 283.



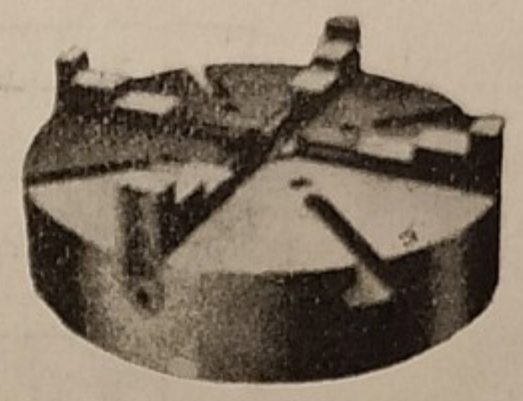


Fig. 284.

montarsi a sbalzo, perchè devono essere torniti su tutta la loro lunghezza, si montano su spina (fig. 285).

L'utensile *u* è assicurato, col tagliente del nasello all'altezza dell'asse del pezzo, al morsetto della slitta porta-utensili. (vedi laboratorio tecnologico).

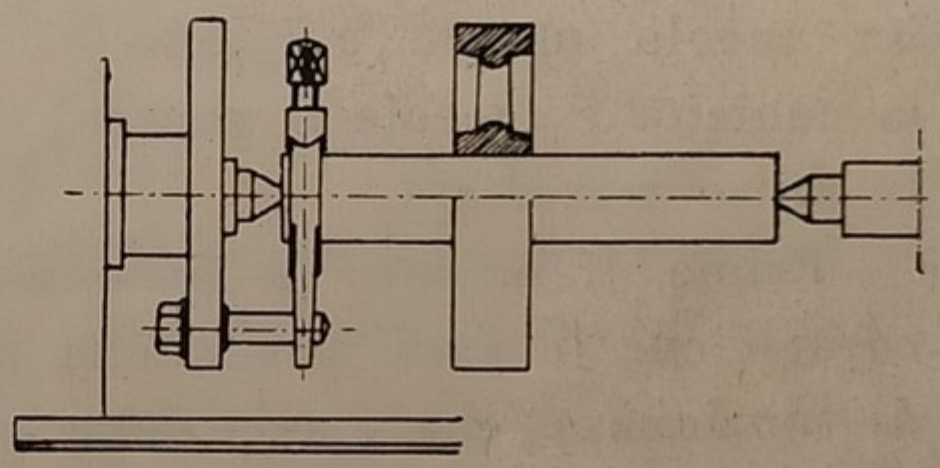


Fig. 285. Montaggio su spina.

Quest'ultima serve per dare all'utensile brevi spostamenti longitudinali quando non si manovra il carrello (tali spostamenti si hanno agendo sulla manovella *Z* - fig. 270).

§ 110. - Lavorazioni al tornio.

I lavori che si fanno ordinariamente sul tornio sono:

1° - *Tornitura cilindrica esterna.*

2° - *Tornitura cilindrica interna* (detta qualche volta, impropriamente, alesatura).

3° - *Tornitura piana.*

4° - *Tornitura conica.*

5° - *Filettatura di viti e di madreviti.*

È evidente (fig. 286) che la tornitura risulta cilindrica, conica, o piana secondochè l'avanzamento dell'utensile avviene nel senso parallelo, obliquo o perpendicolare all'asse del pezzo.

Ne viene di conseguenza che nel primo caso si sposta il carrello longitudinalmente tenendo la torretta in posizione normale, nel 2° si sposta longitudinalmente dopo aver obliquato l'asse del pezzo o si sposta la slitta *S* dopo aver girata la torretta di

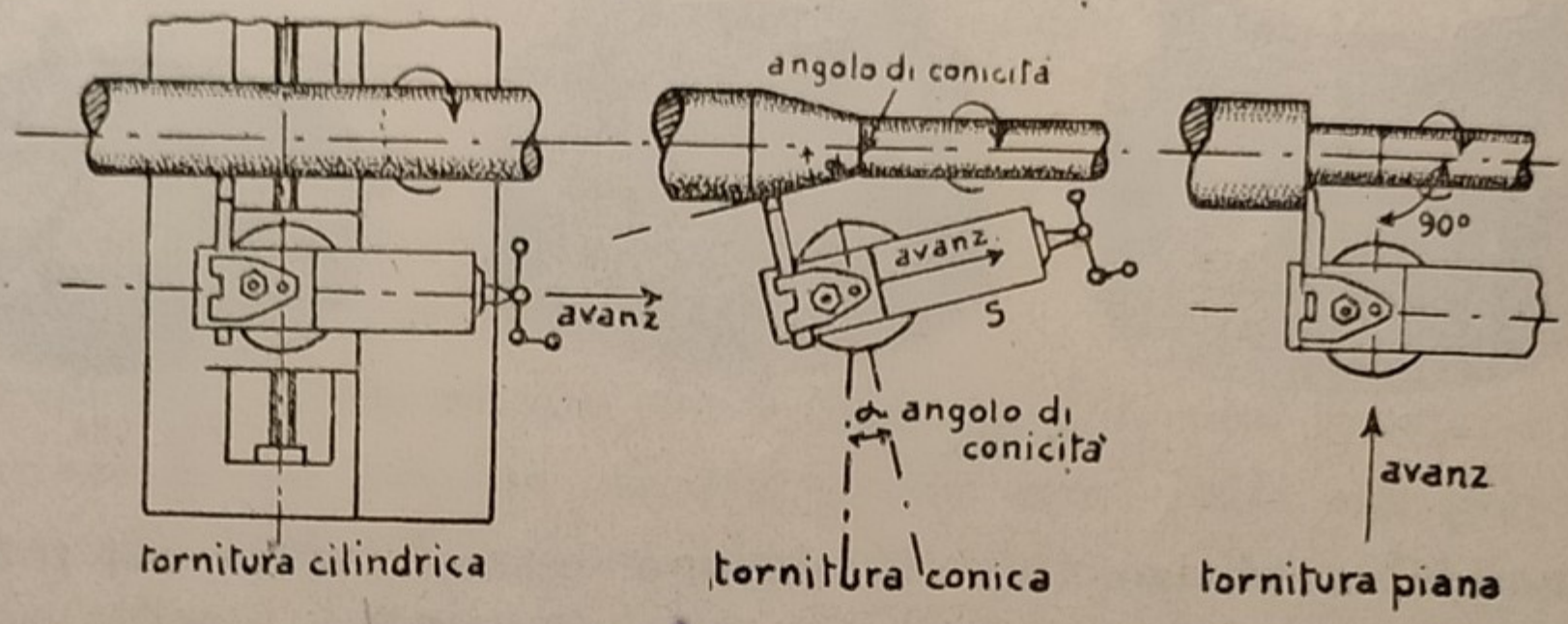


Fig. 286.

un angolo uguale a quello di conicità del pezzo (secondochè la conicità è piccola o grande) e nel terzo si sposta il carrello in senso traversale.

Prima di iniziare la lavorazione al tornio è necessario assicurarsi che le varie parti della macchina siano in condizione di funzionare, che l'asse della punta coincida con quello della contropunta (si portano le due punte a contatto) e che il mandrino sia ben registrato. Occorre inoltre verificare il montaggio del pezzo e dell'utensile (vedi laboratorio tecnologico).

Tornitura cilindrica. Si svolge in due fasi:

1° - *sgrossatura*: si asporta quasi tutto il soprametallo con l'utensile sgrossatore;

2° - *finitura*: si porta il pezzo al diametro richiesto con l'utensile finitore curando che la superficie risulti ben lisciata.

La ***tornitura piana,*** o sfacciatura, consiste nel rendere piane le basi di un pezzo.

§ 111. - Tornitura conica.

La tornitura conica si può eseguire:

1° - spostando la contropunta (per pezzi lunghi con piccolo angolo di conicità);

2° - ruotando la piastra girevole (per pezzi corti con notevole angolo di conicità).

Se la contropunta è spostata, ad es., di $s = 5$ mm ed il raggio minore è $r = 35$ mm, il raggio maggiore R risulta:

$$R = \sim r + s = 35 + 5 = 40 \text{ mm}.$$

Si ha quindi, indicando con D e d il diametro massimo e quello minimo (fig. 287):

$$s \cong R - r = \frac{D - d}{2}$$

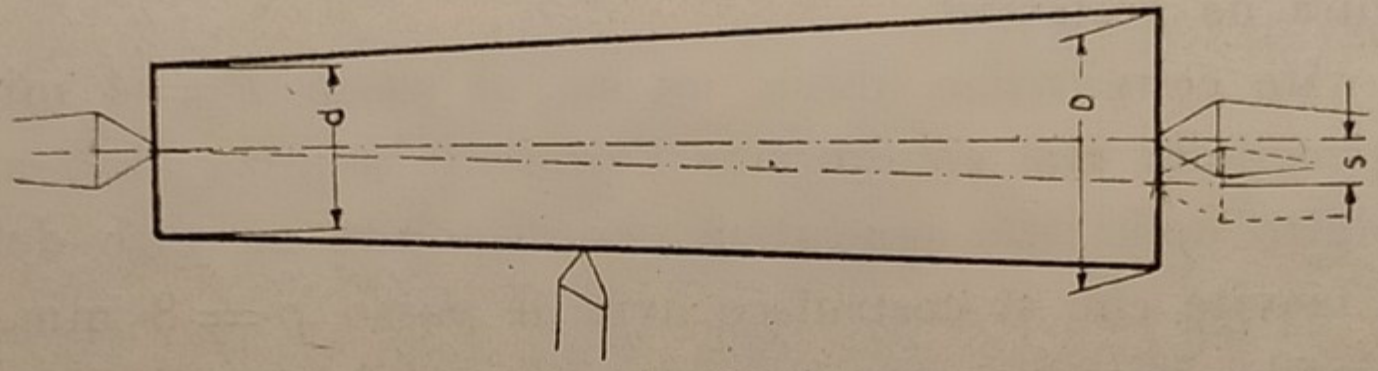


Fig. 287.

Esempio: Determinare lo spostamento della contropunta per tornire un pezzo conico avente $D = 42$ mm e $d = 37$ mm.

$$\text{Si ha: } s = \frac{42 - 37}{2} = 2{,}5 \text{ mm}.$$

Quando la lunghezza l del tratto conico è minore della lunghezza totale L del pezzo (fig. 288) lo spostamento della contropunta si calcola mediante la formula approssimata

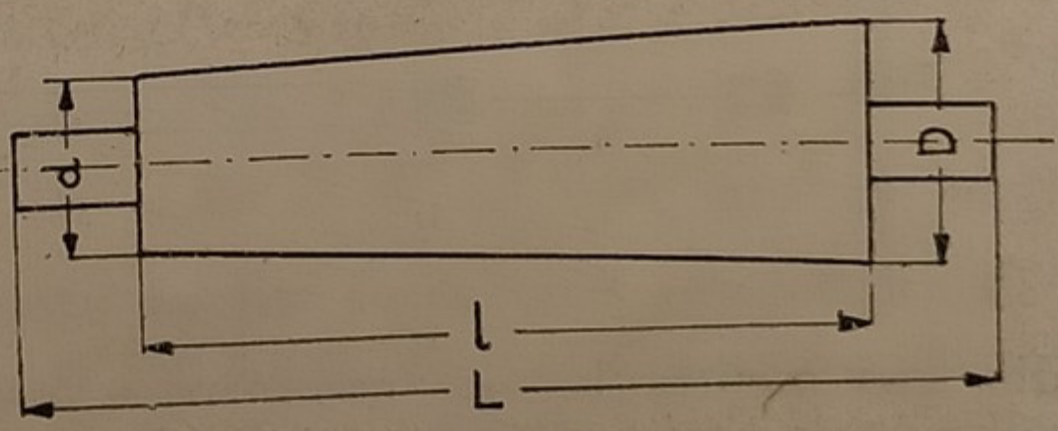


Fig. 288.

$$s = \sim \frac{D - d}{2} \times \frac{L}{l}$$

Esempio: Determinare lo spostamento della contropunta per tornire un pezzo lungo $L = 180$ mm con tratto conico avente $D = 76$ mm, $d = 68$ mm e $l = 100$ mm.

$$\text{Si ha: } s = \frac{76 - 68}{2} \times \frac{180}{100} = 4 \times \frac{18}{10} = 7{,}2 \text{ mm}.$$

Le formule precedenti sono approssimate e si possono usare soltanto per piccoli angoli di conicità.

Per conicità notevoli si ruota la slitta porta-utensile di un angolo eguale alla semi-apertura del cono (fig. 286 *b*).

§ 112. - Filettatura.

Per eseguire una filettatura è necessario che l' avanzamento dell' utensile ad ogni giro del pezzo sia uguale al passo della filettatura da costruire.

La vite conduttrice abbia, ad es., il passo $P = 4$ mm: ad ogni giro della vite conduttrice l' utensile avanza di 8 mm. Se ad un giro della vite conduttrice corrisponde un giro del mandrino, la vite che si costruisce avrà il passo $p = 8$ mm.

Volendo invece costruire una vite del passo $p = 4$ mm bisognerà che il mandrino, e quindi la vite da costruire, faccia

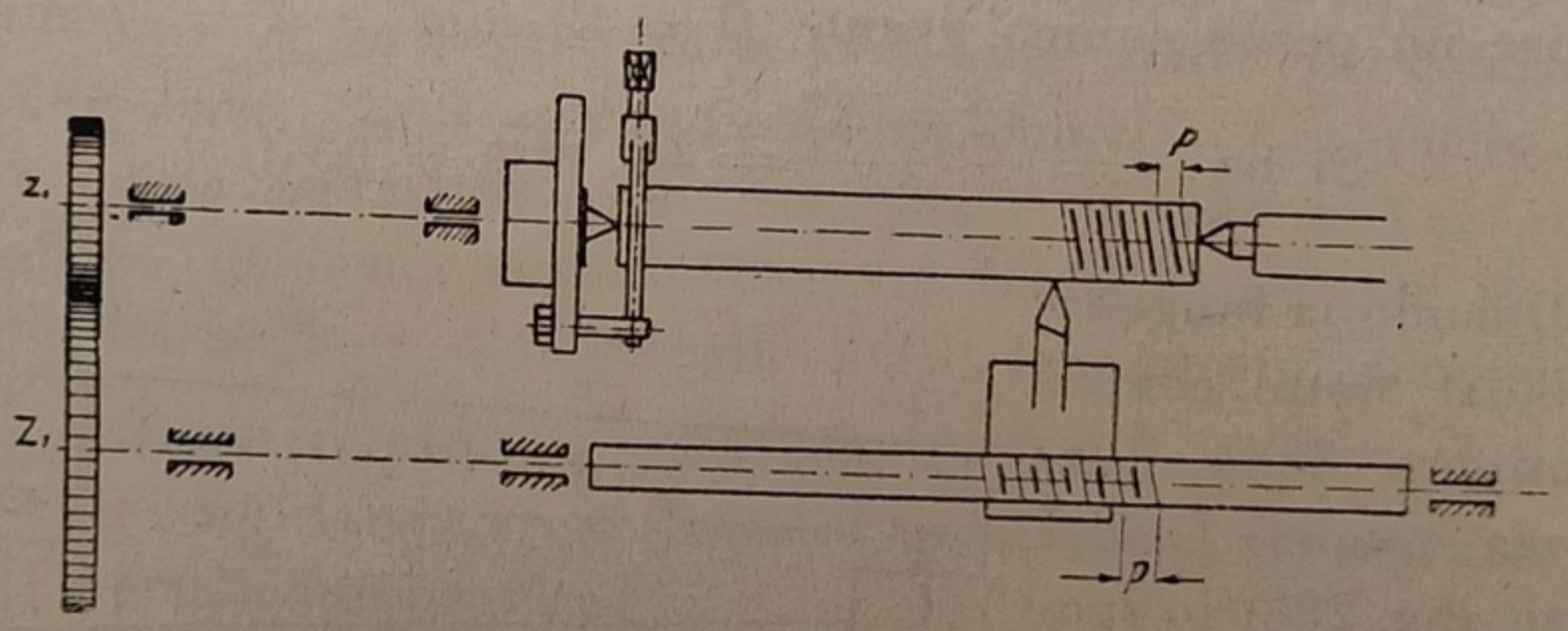


Fig. 289.

due giri mentre la vite conduttrice ne fa uno: così ad ogni giro del pezzo l' utensile avanza di 4 mm. (fig. 289). Riportando i risultati in una tabella si ha:

	Passo in mm.	N° dei giri
vite conduttrice	$P = 8$	1
vite da costruire	$p = 4$	2

I passi delle due viti sono inversamente proporzionali ai loro numeri di giri:

$$\frac{p}{P} = \frac{\text{giri vite conduttrice}}{\text{giri vite da costruire}}$$

Poichè la vite da costruire è rigidamente collegata al mandrino, che trasmette il movimento alla vite conduttrice mediante un ruotismo, il rapporto tra il numero dei giri della vite conduttrice e il numero dei giri della vite da costruire è uguale al rapporto di trasmissione del ruotismo e si ha:

$$\frac{p}{P} = \frac{z_1 \ z_2}{Z_1 \ Z_2}$$

Il tornio è dotato di una serie di ruote di assortimento che vanno da un minimo di 15 denti ad un massimo di 150.

Negli esempi che seguono si fa uso di una serie di ingranaggi aventi 15-20-25-30-35..... 90-95-100-110-127-140-150 denti.

I ruotismi per filettare possono essere composti di due ruote, più eventuale ruota oziosa, o di quattro ruote (fig. 290). Se i passi delle due viti sono dati uno in millimetri e l'altro in pollici, si riducono i pollici in millimetri (vedi pagg. 159 e 185).

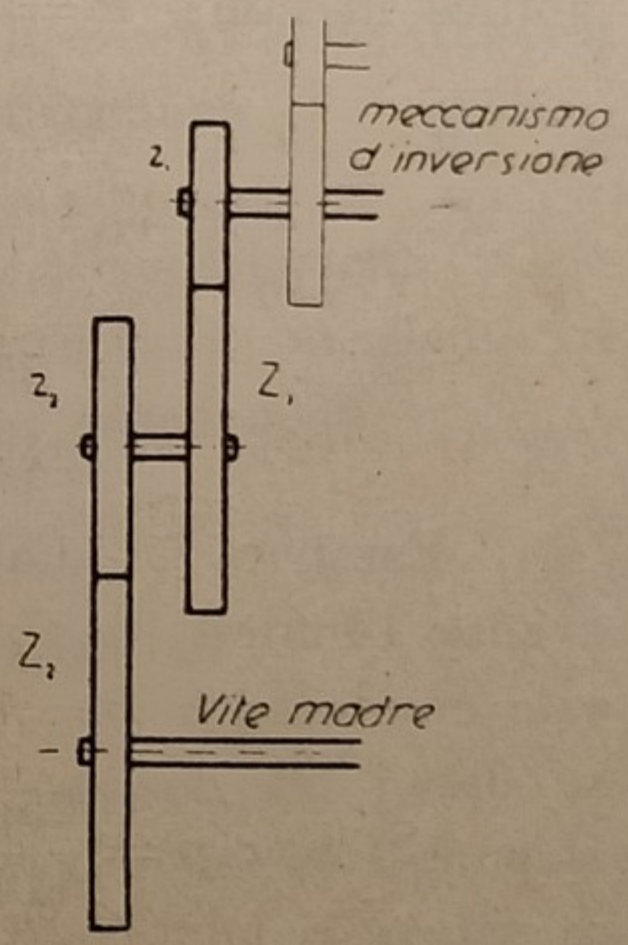


Fig. 290.

Esempio 1. - Calcolare il ruotismo per filettare una vite avente il passo $p = 7$ mm su un tornio avente il passo della vite conduttrice $P = 9$ mm.

Si ha: $p = \frac{7}{9} = \frac{7 \times 10}{9 \times 10} = \frac{70}{90} = \frac{z_1}{Z_2}$

Il ruotismo è composto di due ruote: una conduttrice di 70 denti ed una condotta di 90 denti. Se esse non sono sufficienti a coprire la distanza tra gli assi si interpone una ruota oziosa.

Esempio 2. - Calcolare il ruotismo per filettare una vite avente il passo $p = 1{,}3$ mm su un tornio avente il passo della vite conduttrice $P = 7$ mm.

$$\frac{p}{P} = \frac{1{,}3}{7} = \frac{13}{70} = \frac{13 \times 5}{70 \times 5} = \frac{65 \times 1}{70 \times 5} = \frac{65 \times 20}{70 \times 100} = \frac{z_1 \ z_2}{Z_1 \ Z_2}$$

Il ruotismo è composto di quattro ruote: due conduttrici (20 e 65) e due condotte (70 e 100).

Esempio 3. - Calcolare il ruotismo per filettare una vite avente il passo $p = {}^{3}/_{8}$ di pollice su un tornio avente vite conduttrice con 6 filetti per pollice.

Si ha (vedi pag. 185): $P = \frac{1''}{6}$, e quindi:

$$\frac{p}{P} = \frac{\frac{3''}{8}}{\frac{1''}{6}} = \frac{3}{8} \times 6 = \frac{3 \times 3}{4} = \frac{9}{4} = \frac{90}{40}$$

Esempio 4. - Calcolare il ruotismo per filettare una vite avente il passo $p = 5{,}5$ mm su un tornio avente il passo della vite conduttrice $P = {}^{5}/_{16}$ di pollice. Si riduce la frazione di pollice in mm: $P = \frac{5}{16} \times 25{,}4$ mm.

$$\frac{p}{P} = \frac{5{,}5}{\frac{5}{16} \times 25{,}4} = \frac{55 \times 16}{5 \times 254} = \frac{55 \times 8}{127 \times 5} = \frac{55 \times 80}{127 \times 50}$$

ovvero $\frac{55 \times 40}{127 \times 25}$ oppure $\frac{110 \times 80}{127 \times 100}$

Esempio 5. - Calcolare il ruotismo per filettare una vite avente 14 filetti per pollice su un tornio avente il passo della vite conduttrice $P = 8$ mm.

Si ha: $p = \frac{25{,}4}{14} = \frac{1}{14} \times \frac{254}{10} = \frac{1}{14} \times \frac{127}{5}$

Poichè risulta

$$1'' = 25{,}4 = \frac{127}{5}$$

per ridurre le frazioni di pollice in mm. si può moltiplicare per ${}^{127}/_{5}$ anzichè per 25,4. La ruota di 127 denti si usa quando uno dei passi è in pollici e l'altro è in mm (127 mm = 5 pollici).

$$\frac{p}{P} = \frac{\frac{1}{14} \times \frac{127}{5}}{8} = \frac{\frac{127}{70}}{8} = \frac{127 \times 1}{70 \times 8} = \frac{127 \times 10}{70 \times 80} =$$

$$\frac{127 \times 20}{140 \times 80} \text{ ovvero } \frac{127 \times 25}{140 \times 100}$$

Per rilevare il passo di una filettatura già costruita si usa il *contafiletti* (fig. 291).

Altre lavorazioni eseguibili al tornio. Sul tornio, oltre alle lavorazioni già descritte, possono anche eseguirsi la *zigrinatura* o *godronatura*, la *foratura*, la *tornitura sferica*, ecc.

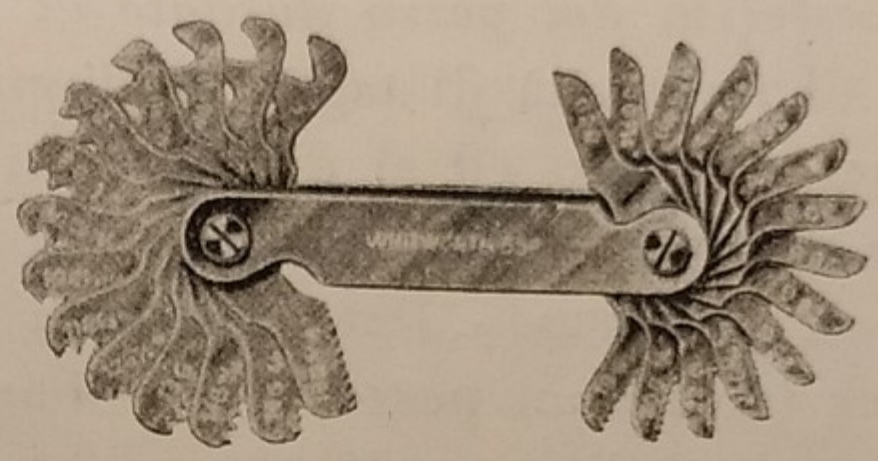


Fig. 291.

Zigrinatura (vedi n. 97). L'utensile porta uno (zigrinatura parallela) o due *godroni* (zigrinatura spinata: un godrone è rigato con eliche destre, l'altro con eliche sinistre) che vengono premuti contro il pezzo in rotazione.

Le zigrinature sono unificate.

Foratura. Si esegue con una punta elicoidale che viene montata sul canotto della contropunta e spinta, mediante il volantino, contro il pezzo in rotazione.

§ 113. - Velocità di taglio.

Supponiamo che l'utensile, lavorando, asporti dal pezzo un truciolo continuo e, per comodità di ragionamento consideriamo questo truciolo come se fosse un filo [1]), che si svolge da un rocchetto. Determiniamo quanti metri v di truciolo l'utensile taglia lavorando un pezzo avente, ad es., diametro $D = 120$ mm e che fa $n = 100$ giri al minuto.

E' evidente che ad ogni giro l'utensile taglia un truciolo lungo quanto la circonferenza del pezzo. Si ha:

lunghezza del truciolo per un giro del pezzo:

$$\pi D = \sim 3{,}14 \times 120 = 377 \text{ mm.}$$

lunghezza v del truciolo per n = 100 giri (cioè in 1 minuto):

$$v = \pi Dn = \sim 3{,}14 \times 120 \times 100 = 37700 \text{ mm/}_{\text{min.}}$$

---

[4]) In realtà il truciolo non può essere considerato come un filo: se il materiale è duro esso si frantuma.

Per esprimere v (velocità di taglio) in metri al minuto basta dividere per mille: $v = \frac{\pi Dn}{1000} = \frac{37700}{1000} = 37{,}7$ metri/min.

La velocità di taglio, o velocità di lavoro, è la velocità periferica del pezzo durante la lavorazione.

La velocità di taglio è direttamente proporzionale al numero dei giri ed al diametro, cioè v diviene doppia, tripla, ecc. se diviene doppio, triplo, ecc. il numero dei giri (o il diametro).

Esempio. - Determinare il numero dei giri n occorrente per tornire un pezzo avente diametro $D = 80$ mm con velocità di taglio $v = 40$ m/min.

Dalla formula precedente si ha:

$$n = \frac{1000\,v}{\pi D} = \frac{1000 \times 40}{3{,}14 \times 80} = \sim 160 \text{ giri/min.}$$

Generalmente sul tornio è riportato un grafico che permette di determinare una delle tre grandezze v, D, n quando sono note le altre due (vedi esercizi).

La velocità di taglio dipende da numerosi fattori: dal materiale che si lavora, dall' utensile, dalla sezione del truciolo, dal raffreddamento dell' utensile, ecc. Varia anche secondo la lavorazione (tornitura esterna, tornitura interna, filettatura ecc.) ed è maggiore per la finitura (minore sezione di truciolo) che per la sgrossatura.

Per evitare che l' utensile si riscaldi eccessivamente durante il lavoro si invia, sulla zona di contatto tra pezzo e utensile, un getto di liquido refrigerante che può essere olio emulsionato, petrolio, ecc.

§ 114. - Avanzamento e profondità di taglio.

Si chiama avanzamento lo spostamento a dell'utensile mentre il pezzo fa un giro completo. Ogni tornio è dotato di vari avanzamenti (ad es: 0,10 — 0,22 — 0,46 mm per giro).

Il tempo occorrente per tornire un pezzo di lunghezza L dipende dal numero dei giri n e dall' avanzamento a.

Ad es. con l'avanzamento $a = 0{,}22$ mm/giro e con il numero di giri $n = 100$ giri/min. l'utensile avanza di

$$a\ n = 0{,}22 \times 100 = 22 \text{ mm al minuto.}$$

Se il pezzo è lungo $L = 330$ mm il tempo occorrente per fare una passata risulta:

$$T = \frac{L}{a\ n} = \frac{330}{22} = 15 \text{ minuti.}$$

Se l'utensile penetra nel pezzo di una quantità $p = 0{,}8$ mm (profondità di taglio) con una passata si ottiene una riduzione di diametro $2\ p = 1{,}6$ mm.

§ 115. - Misure principali del tornio.

Concludiamo dicendo che le misure principali di un tornio sono:

1° - *la distanza delle punte* (lunghezza in mm. del segmento rettilineo compreso tra la punta e la contropunta);

2° - *l'altezza delle punte* (distanza verticale in mm. della punta e della contropunta dal piano superiore delle guide del banco);

3° - *il passo della vite madre* (distanza tra due punti consecutivi dell'elica della vite misurata sulla stessa generatrice del cilindro in cui essa è praticata). Tali misure occorrono: la 1ª per sapere la lunghezza massima del pezzo tornibile col tornio, la 2ª per conoscere il diametro massimo che il pezzo può avere, la 3ª per calcolare il ruotismo necessario per la filettatura. In alcuni torni non occorre conoscere la 3ª misura perchè essi hanno un dispositivo speciale (scatola Norton) con cui, mediante lo spostamento di due semplici leve, si può stabilire il collegamento tra il mandrino e la vite madre colle ruote dentate necessarie per eseguire filettature di 30 o più passi diversi. Una tabella annessa al dispositivo indica le posizioni da dare alle leve per ottenere la filettatura di una vite di dato passo (sempre che tale passo sia compreso nel gruppo di quelli che il tornio ammette).

La fig. 292 rappresenta un tornio parallelo monopuleggia Nebiolo munito di scatola per filettare tipo Norton.

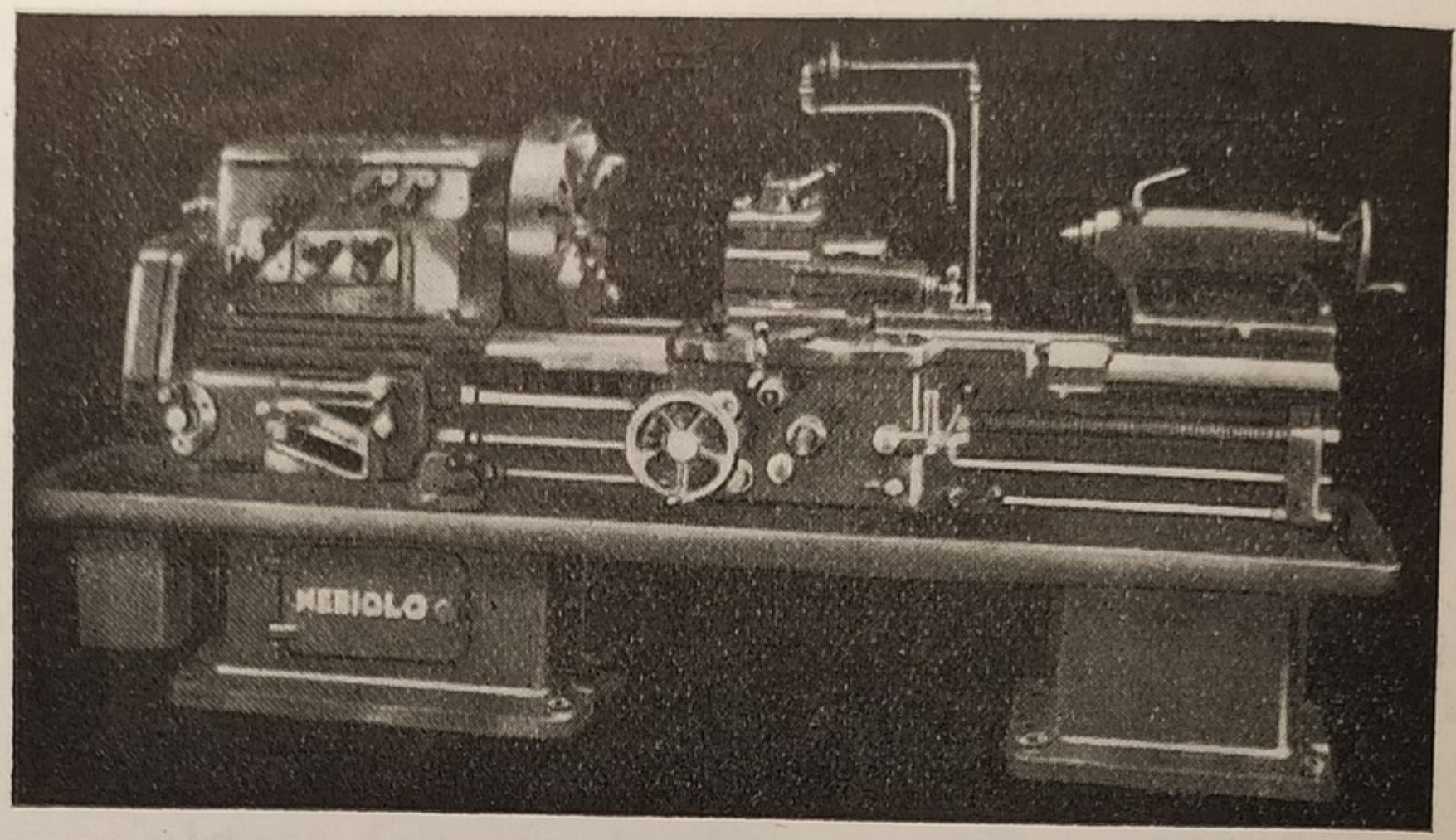


Fig. 292. Tornio monopuleggia Nebiolo (tipo UTD-UTE)

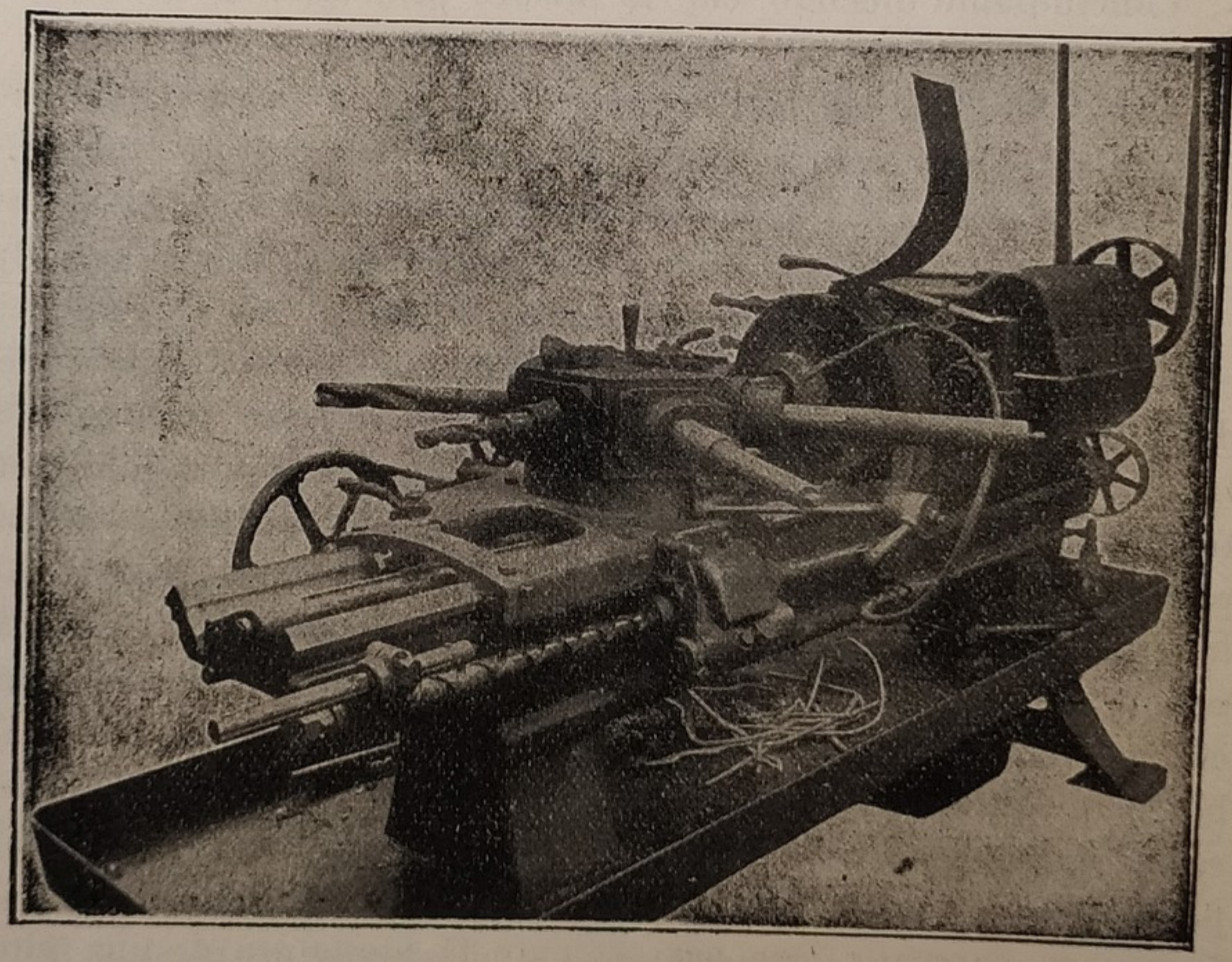


Fig. 293.

N. B. — La fig. 293 rappresenta un tornio a torretta Warner & Swasein della S. A. Ansaldo-Fossati di Genova-Sestri la cui riproduzione ci è stata gentilmente concessa dal Chiar.mo Direttore dello Stabilimento Dott. Ing. Rosini ed è stata agevolata cortesemente dall' ing. Fiorot. La fig. 295 mostra le fasi di lavorazione di una boccola di guida prodotta da tale macchina.

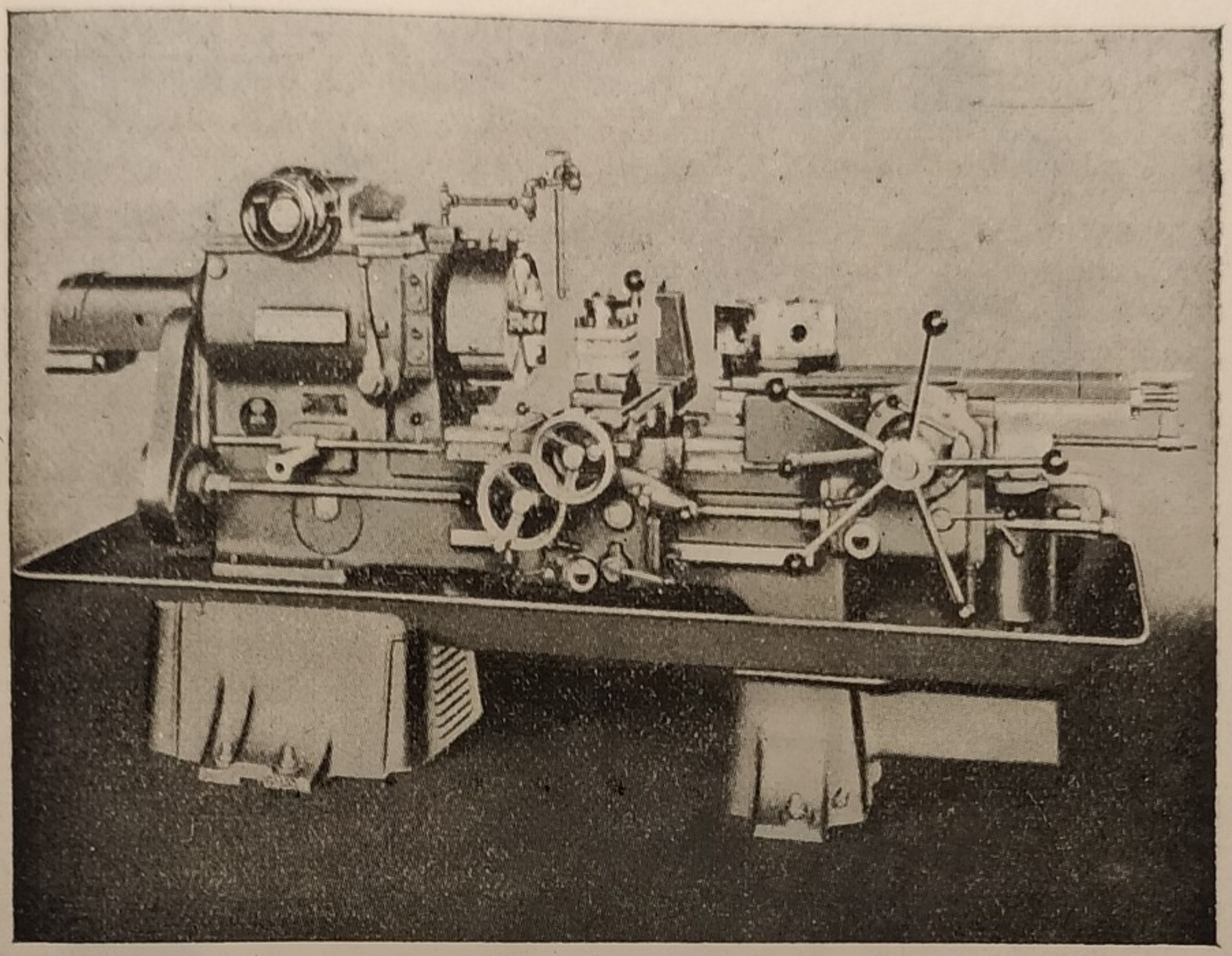


Fig. 294.

La fig. 294 rappresenta un moderno tornio a torretta Gisholt.

§ 116. - Torni a torretta.

I torni paralleli si usano per lavori isolati o per un piccolo numero di lavori uguali. Nel caso che si debba fabbricare un gran numero di pezzi della stessa forma e delle stesse misure *(lavorazione in serie)* si ricorre all'uso dei cosiddetti torni a torretta.

Questi (fig. 293 e 294) hanno, al posto dove si fissa l'utensile, un organo girevole detto torretta al quale sono fissati in altrettanti fori 5 o 6 utensili speciali che compiono uno dopo l'altro le fasi di lavorazione a cui deve assoggettarsi il pezzo per ridursi alla forma prefissa (fig. 295). Nei *torni a torretta ordinari* il cambio dell'utensile, dopo ciascuna fase di lavoro, si ottiene facendo retrocedere

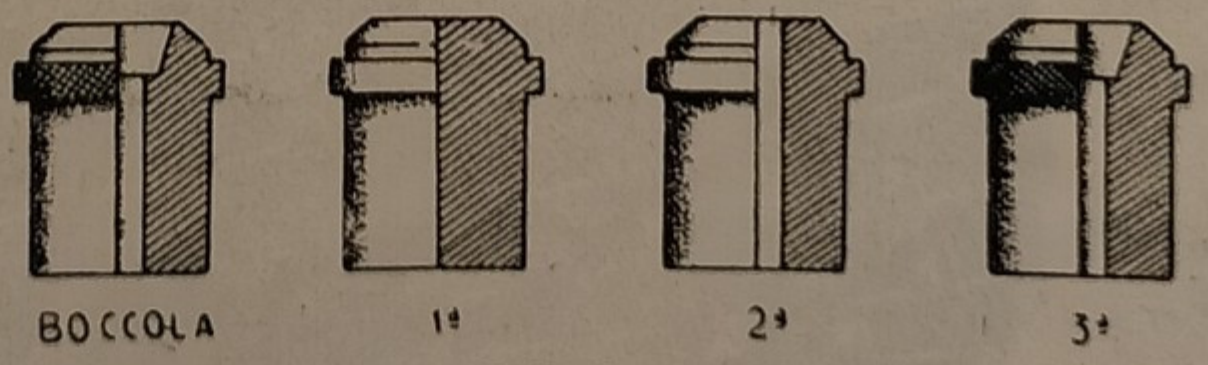
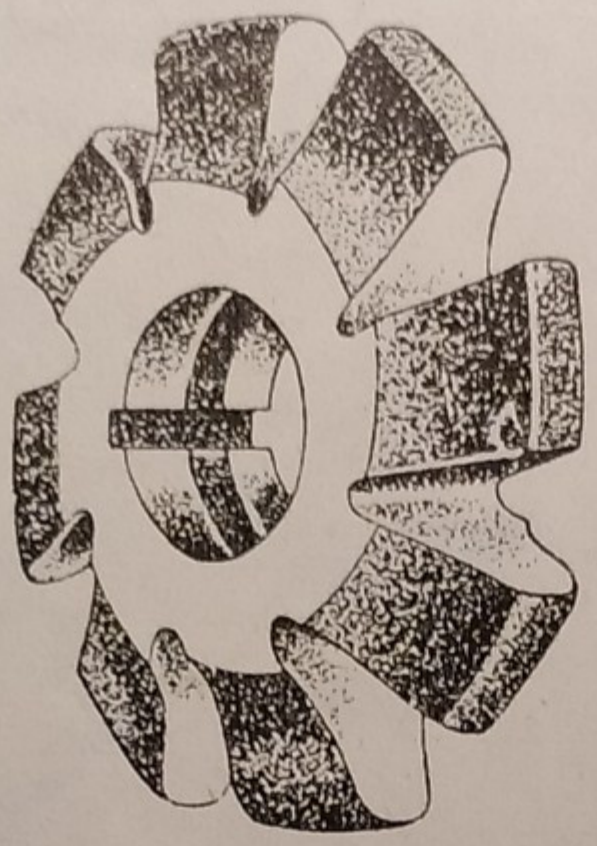
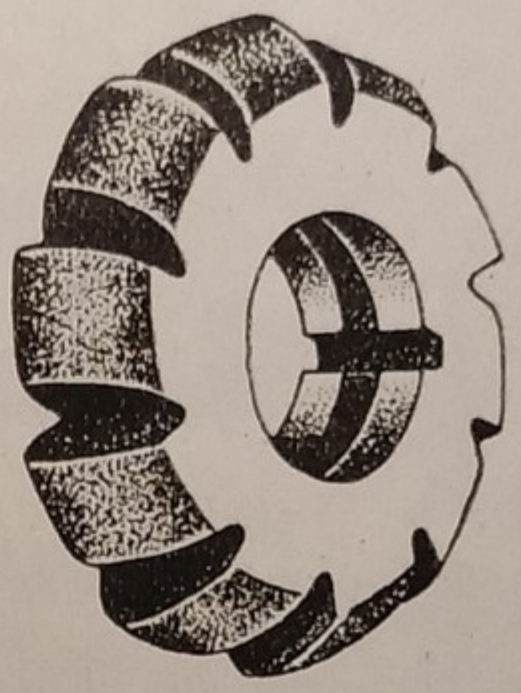


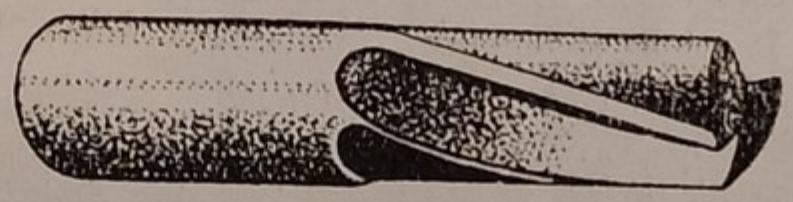
Fig. 295.



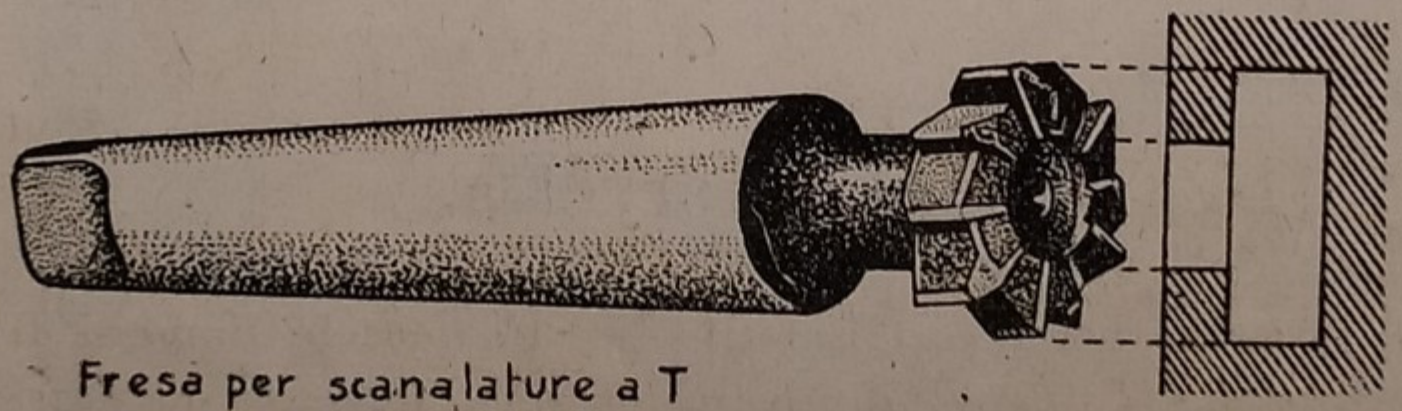
Fresa a modulo per dentature



Fresa per maschi

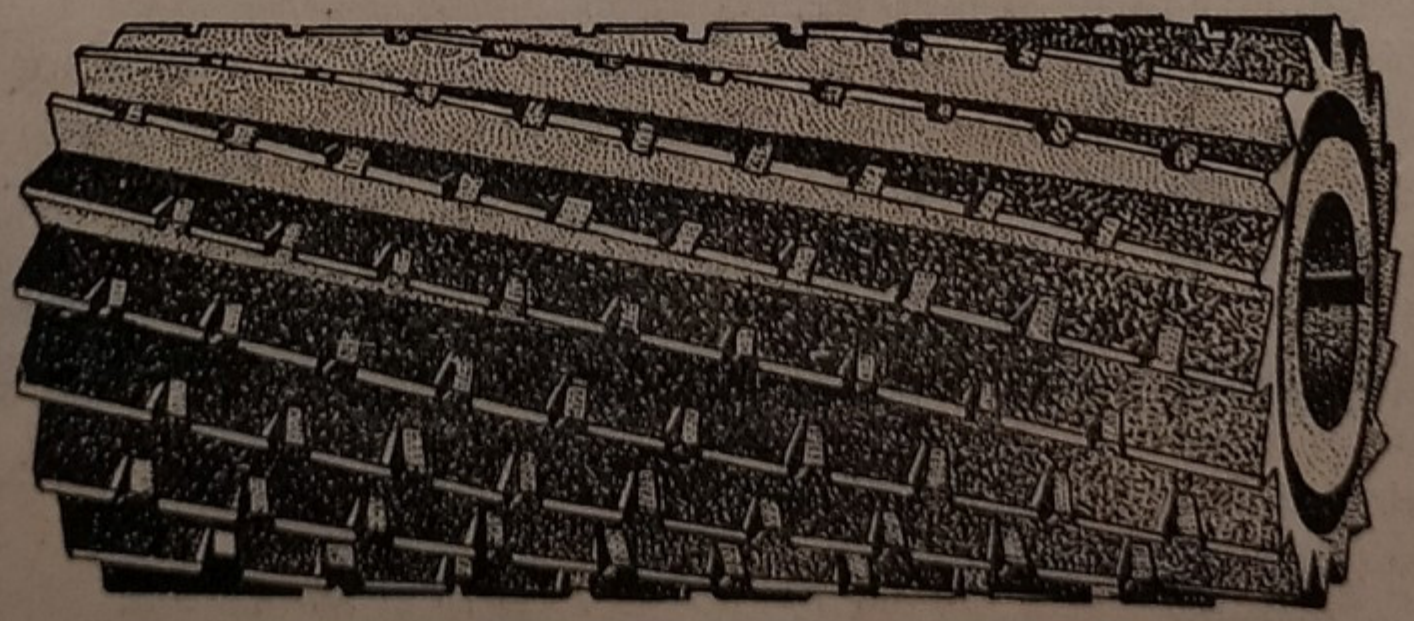


Fresa per scanalature da chiavette



Fresa per scanalature a T

Fresa angolare



Fresa per spianare

Fig. 296.

la slitta a cui è fissata la torretta; questa gira sul proprio asse e porta l'utensile successivo in posizione di lavoro, ma vi sono anche *torni a torretta semiautomatici* ed *automatici*, in cui parte o tutte le operazioni affidate all'operaio nei torni a torretta ordinari si compiono da sè dopo aver regolato inizialmente la macchina. Tali torni richiedono poca sorveglianza e sono affidati per gruppi ad un solo operaio. Finalmente vi sono anche torni a *torretta a mandrini multipli*, in cui tre o più pezzi vengono lavorati insieme ricavandoli da altrettante barre (anzichè da una sola, come avviene nei torni a torretta ordinari).

§ 117. - Fresatrici.

Le fresatrici sono macchine aventi per utensile lavorante una *fresa*. Questa (fig. 296) non è che un solido rotondo d'acciaio temperato o d'acciaio rapido portante sulla periferia denti di varia forma. L'aspetto della fresa varia secondo il genere di lavoro che deve fare e così pure il profilo della dentatura.

Le frese si distinguono secondo il lavoro che compiono e secondo il modo di affilarne i denti. Con il secondo criterio si hanno:

1° - *frese o denti di sega o a denti fresati*;

2° - *frese a profilo invariabile o a denti spogliati.*

Le frese a denti di sega si affilano sul dorso del dente (fig. 297) mentre quelle a profilo invariabile si affilano sul petto, in modo che il profilo del tagliente rimane inalterato (fig. 298).

Le frese di diametro superiore a 100 mm. hanno normalmente i denti riportati.

La fresa, montata sopra l'albero porta fresa, gira attorno al proprio asse, mentre il pezzo, fissato alla tavola porta oggetto, riceve da questa il moto di avanzamento (di senso opposto al moto di lavoro, per evitare incastramenti) (fig. 299).

Le fresatrici possono eseguire molteplici lavori: spianatura di pezzi, profilatura di superfici, esecuzione di solchi diritti od elicoidali di varie forme, dentatura di ruote cilindriche e coniche, scanalature di maschi, alesatoi, punte elicoidali, frese ecc. Esse si distinguono in: *fresatrici ordinarie* e *speciali*. *Sono*

ordinarie quelle *orizzontali* (in cui l' *albero portafresa* è orizzontale e la tavola porta oggetto è scorrevole longitudinalmente

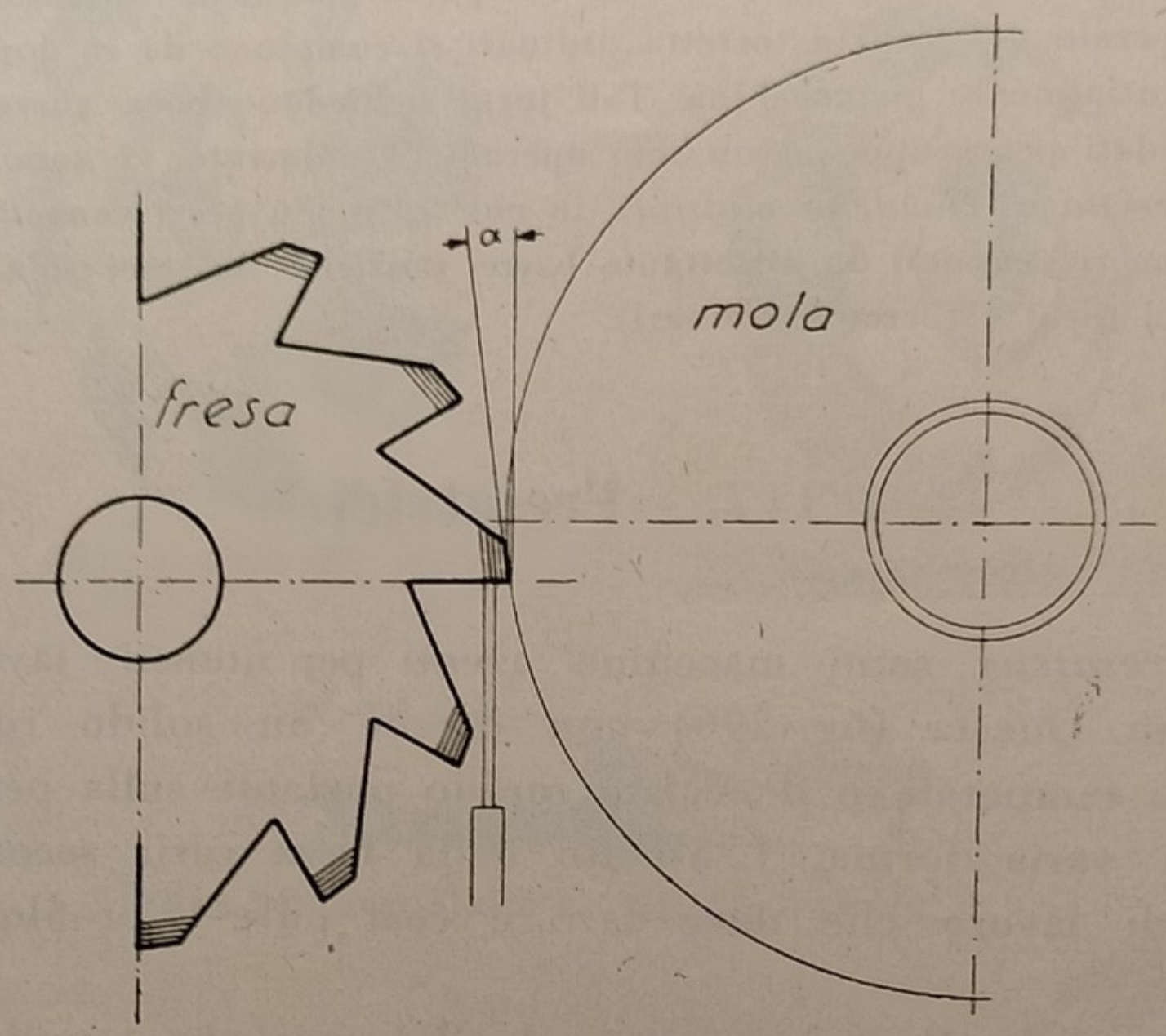


Fig. 297.

e trasversalmente), *verticali* (coll' albero portafresa verticale e colla tavola munita di disco orizzontale porta oggetto girevole attorno ad un asse verticale) e *universali*. (orizzontali con tavola scorrevole e girevole).

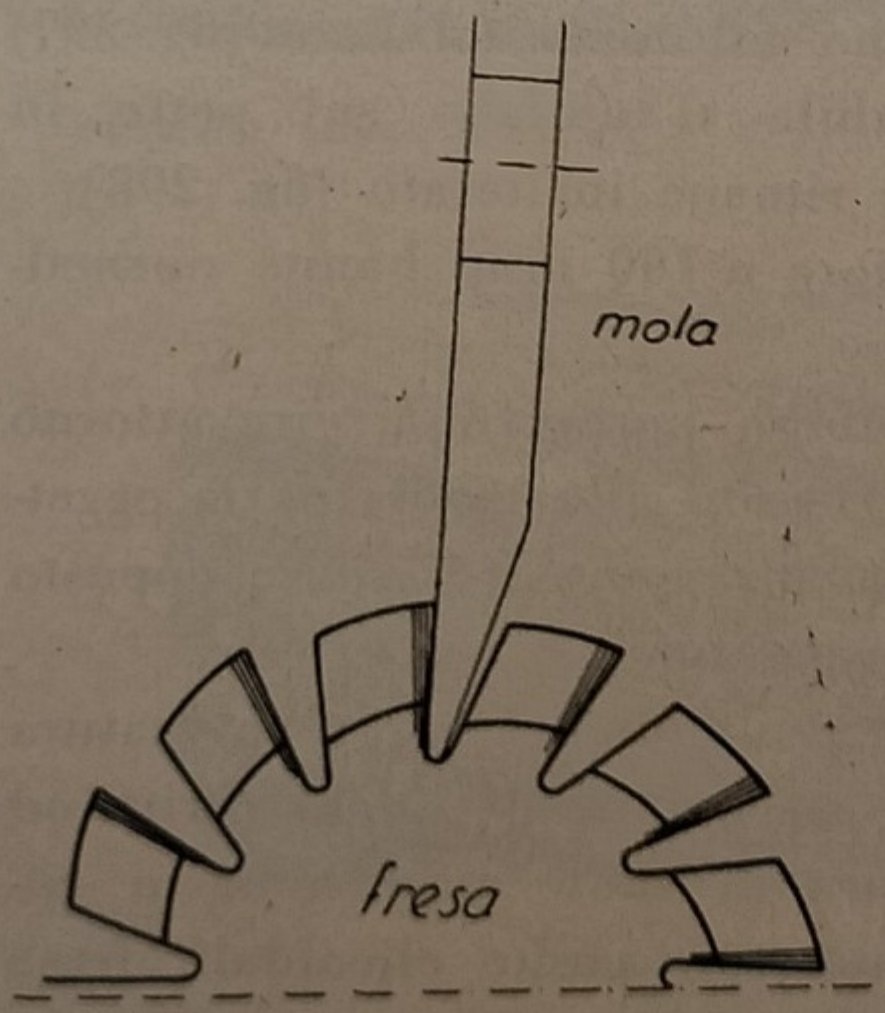


Fig. 298.

Sono fresatrici speciali tutte quelle usate per costruire uno o più tipi di ruote dentate e chiamate comunemente *dentatrici*. Esse si distinguono *secondo il lavoro che fanno* e *secondo il modo di lavorare*. Così si hanno: dentatrici per ruote cilindriche a denti diritti, dentatrici per ruote cilindriche a denti elicoidali, per ruote dentate elicoidali compagne di viti senza fine e dentatrici per ruote coniche; dentatrici-fresatrici (in cui l'utensile è una fresa) dentatrici-limatrici (che lavorano come limatrici) ecc.

La fig. 300 rappresenta schematicamente una fresatrice orizzontale. L'incastellatura della macchina è composta di un basamento *A*, di un montante *B* e di un braccio *C*. La testa motrice, analoga a quella del tornio, ha un cono di pulegge che comanda l'albero porta fresa *D*. Lungo due guide, poste sulla faccia anteriore del montante, si può spostare verticalmente la mensola *M* che porta la slitta trasversale e la tavola

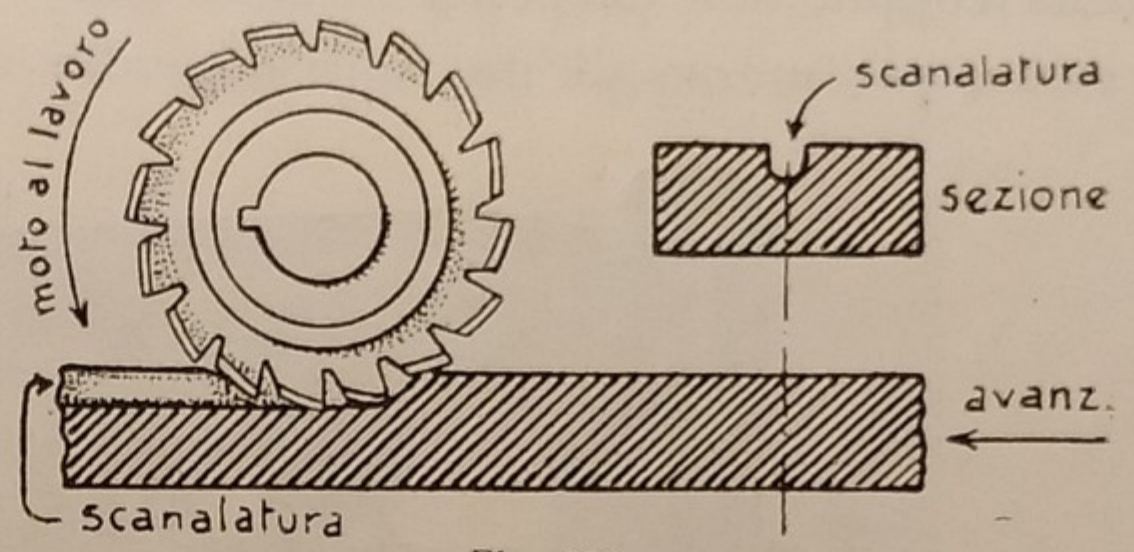


Fig. 299.

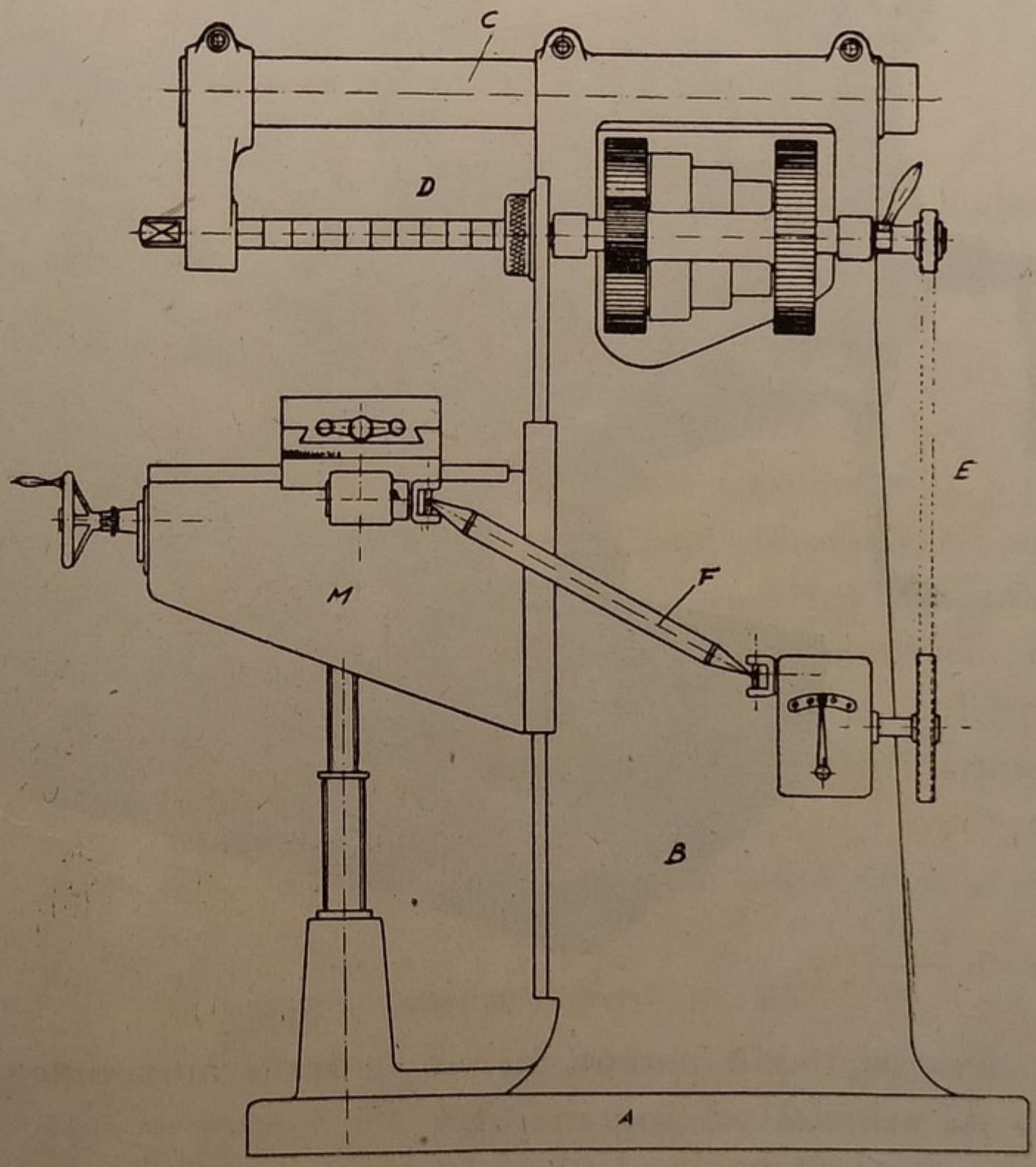


Fig. 300.

porta oggetto (slitta longitudinale). Le slitte sono comandate a mano mediante volantini. La tavola riceve il moto di alimen-

tazione dal mandrino mediante una trasmissione a cinghia *E*, un albero a cannocchiale munito di due snodi cardanici *F* e una coppia vite perpetua - ruota elicoidale. Questa trasmette il moto, per mezzo di un ruotismo, alla vite madre della tavola.

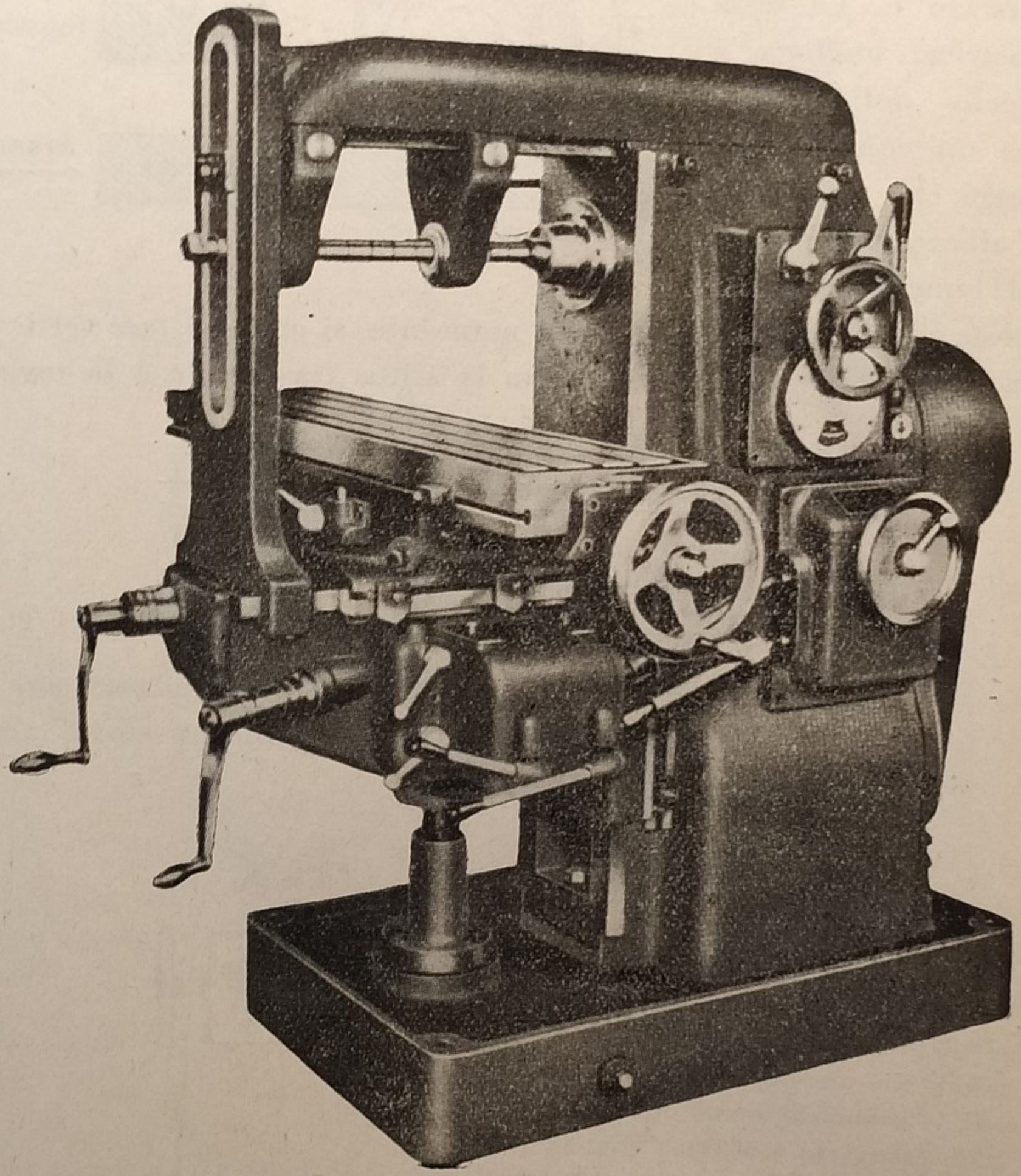


Fig. 301. Fresatrice universale (Pontiggia).

Le fresatrici più potenti hanno la testa monopuleggia con cambio di velocità ad ingranaggi.

Fresatrice universale. Differisce da quella orizzontale perchè ha la tavola girevole intorno ad un asse verticale e può quindi eseguire, mediante l'apparecchio divisore, anche scanalature elicoidali. La fig. 301 mostra una fresatrice universale.

Apparecchio divisore. Per effettuare, con la fresatrice, il taglio di ruote, maschi, alesatori, punte elicoidali, frese, ecc. è necessario eseguire sul pezzo un dato numero di scanalature equidistanti. Si dispone allora sulla tavola l'apparecchio divisore

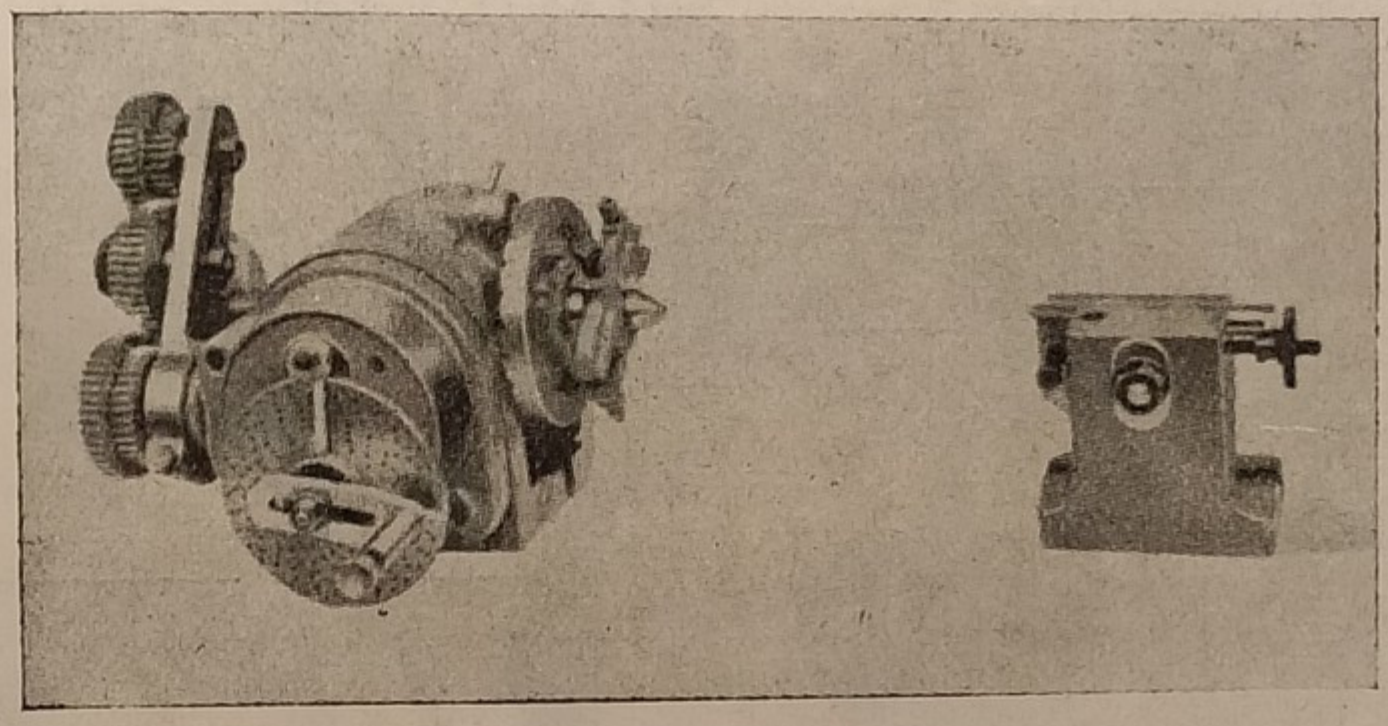


Fig. 302.

(fig. 302) che sostiene il pezzo tra le punte, o a sbalzo, e che permette di dividere la circonferenza del pezzo stesso in un dato numero n di parti uguali.

Il divisore è composto essenzialmente (fig. 303) di una vite perpetua e di una ruota elicoidale ingrananti tra loro. La ruota elicoidale, che ha generalmente 40 denti (oppure 60), è calettata sul mandrino e la vite perpetua, ad un solo principio, è comandata da una manovella che ruota dinanzi ad un disco munito di varie circonferenze di fori. Per far compiere al mandrino un giro completo sono necessari 40 giri di manovella e, poichè questa ruota dinanzi ad una circonferenza che ha x fori equidistanti, si ha:

per 1 giro del mandrino la manovella salta $40 \cdot x$ fori

per $\frac{1}{n}$ di giro » » » » » $\frac{40\ x}{n} = F$ fori

Esempio 1. - Dividere la circonferenza del pezzo in $n = 88$ parti eguali con un disco divisore avente la serie dei fori:

15·17·18·19·20·21·23·24·27·29·31·33·37·39·41·43·47·49. Si ha:

$$F = \frac{40\ x}{88} = \frac{5}{11}\frac{x}{}$$

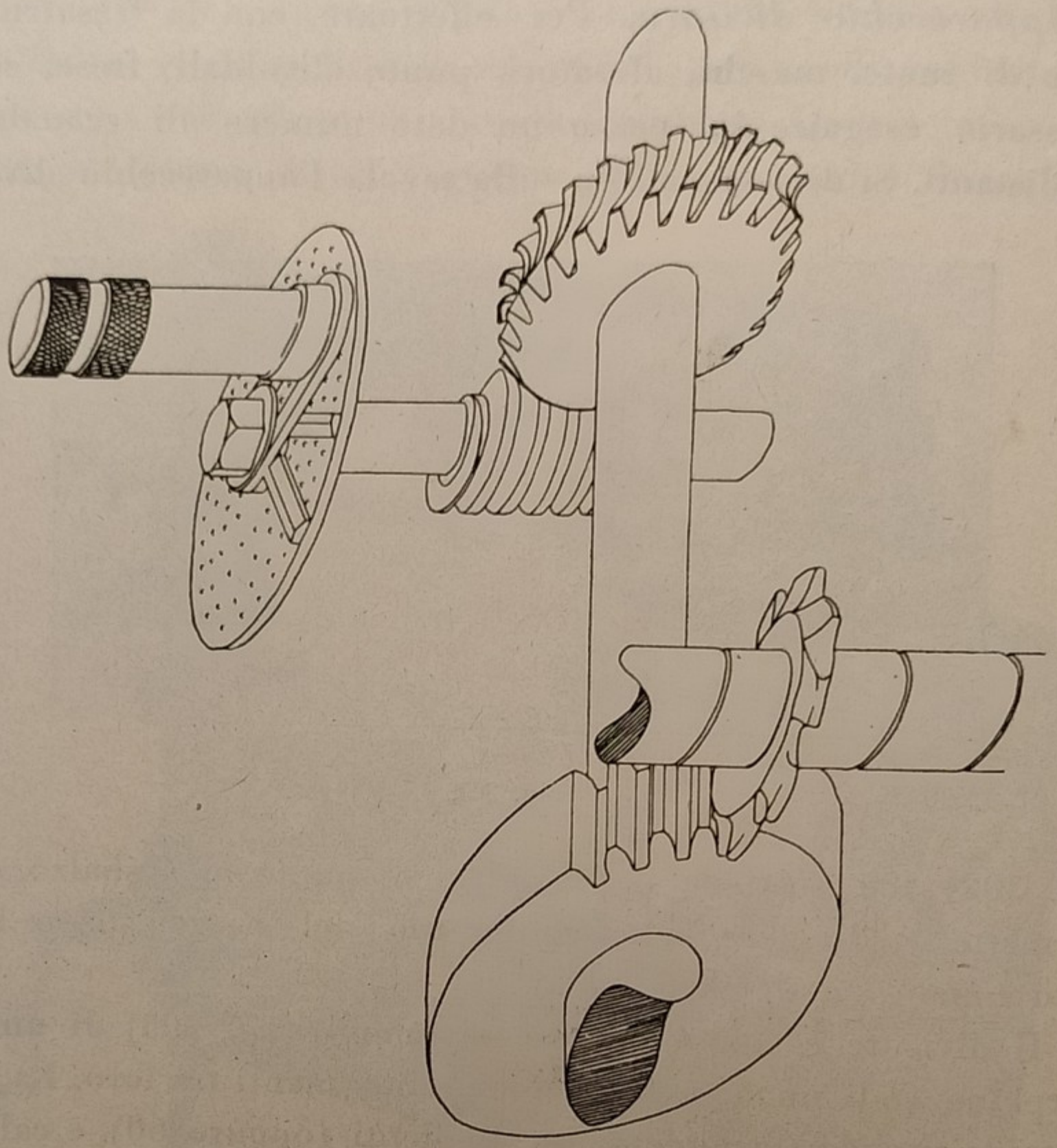


Fig. 303.

Si sceglie una circonferenza avente un numero di fori multiplo di 11 (x = 33):

$$F = \frac{5 \times 33}{11} = 15 \text{ fori sulla circonferenza di 33 fori.}$$

Verifica: la manovella saltando un foro, sulla circonferenza di 33 fori, compie la rotazione di $^1/_{33}$ di giro saltando 15 fori la rotazione è di $^{15}/_{33}$ di giro.

Poichè la rotazione del mandrino è $^1/_{40}$ della rotazione della manovella risulta:

$$\text{Rotazione del mandrino} = \frac{15}{33} \times \frac{1}{40} = \frac{1}{88} \text{ di giro.}$$

Esempio 2. - Dividere la circonferenza del pezzo in 29 parti uguali.

$$F = \frac{40\ x}{29} = \frac{40 \times 29}{29} = 40 \text{ fori} = 1 \text{ giro (29 fori)} + 11 \text{ fori.}$$

Fresatrice verticale. (fig. 304). Ha l'albero portafresa verticale, quindi la fresa lavora girando intorno ad un asse verticale. La testa può essere fissa oppure orientabile. Per il resto la fresatrice verticale è simile alle fresatrici già descritte.

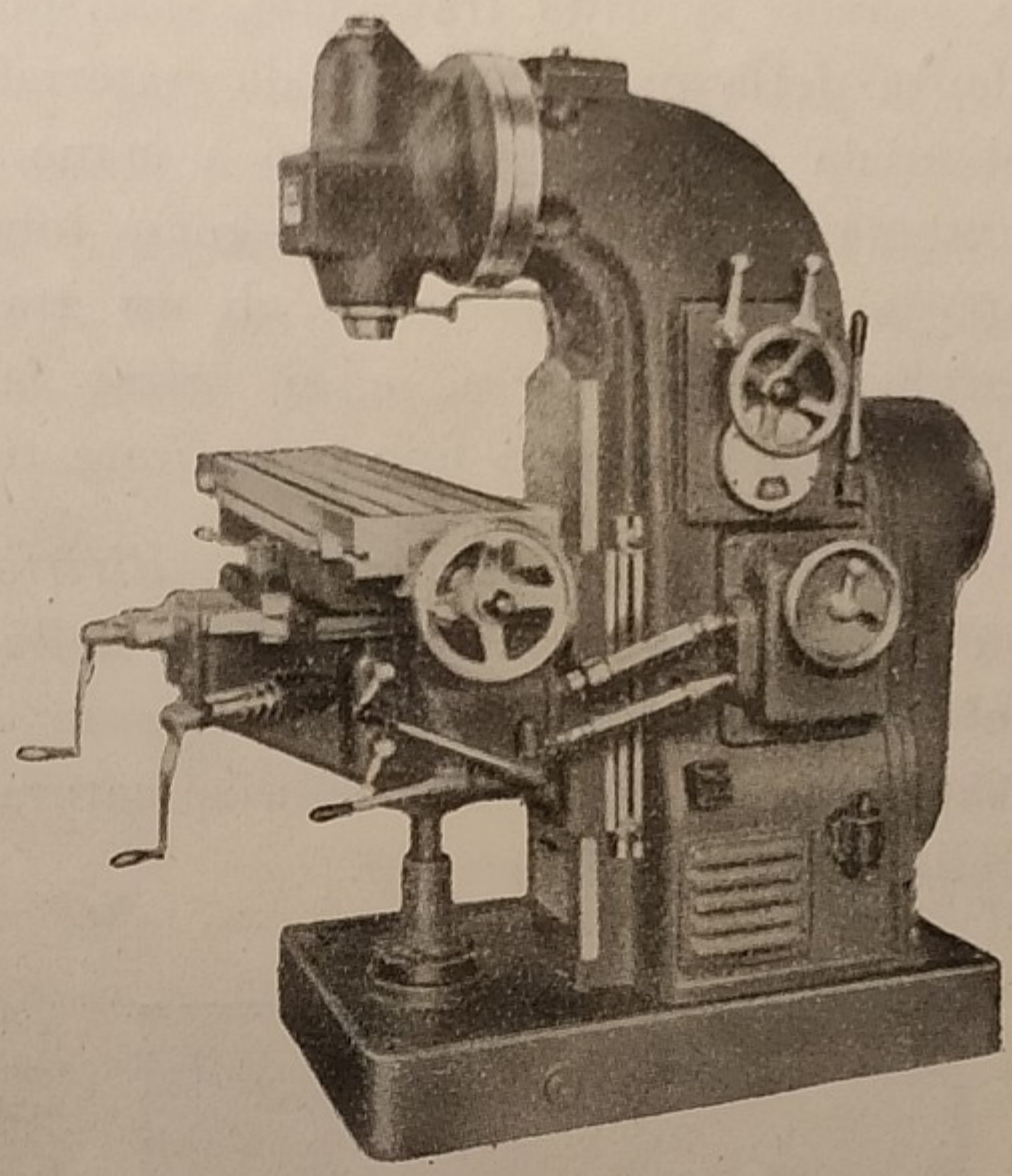


Fig. 304. Fresatrice verticale (Pontiggia)

§ 118. - Lavorazioni eseguibili sulla fresatrice.

Il pezzo viene fissato alla tavola direttamente oppure mediante apposite morse girevoli intorno ad uno o a due assi (fig. 305).

La fresa viene infilata sull'albero porta-fresa e serrata mediante una serie di anelli che vengono stretti con un dado filettato (vedi laboratorio tecnologico).

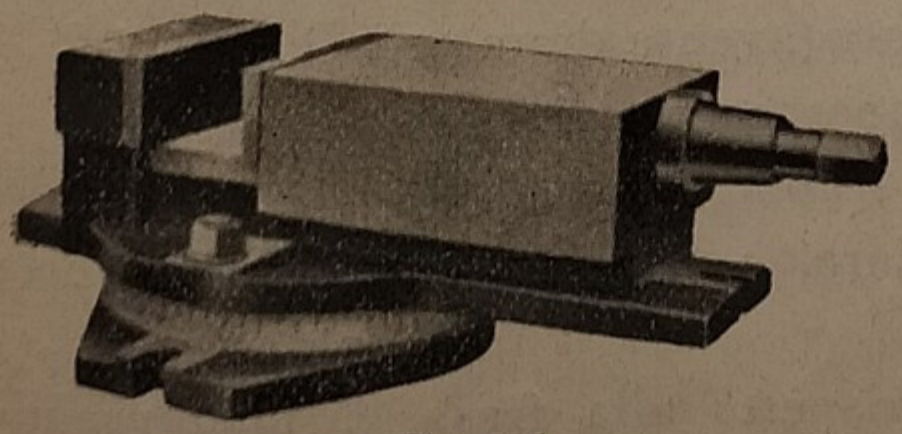


Fig. 305.

Spianatura. **Sulla fresatrice orizzontale (o universale) si esegue con frese cilindriche a denti diritti o elicoidali (vedi fig. 296). Si sposta la mensola verticalmente fino a sfiorare la fresa col pezzo, poi, agendo alla slitta longitudinale, si allontana il pezzo, si innalza nuovamente la mensola fino a raggiungere la profondità di taglio richiesta**

e, usando la slitta traversale, si dispone la fresa in corrispondenza della prima striscia di materiale da asportare. Il lavoro si inizia con l' avanzamento a mano e si prosegue con quello automatico. Alla fine della corsa longitudinale della tavola si sposta la slitta trasversale, di un tratto all' incirca eguale alla larghezza della fresa, e si inizia la fresatura della seconda striscia. Si prosegue fino a lavorare tutta la superficie.

Fresatura di scanalature diritte. Il pezzo viene fissato sulla tavola in modo che l' asse della scanalatura risulti parallelo alla direzione del movimento della slitta longitudinale. Naturalmente la forma della solcatura è determinata dal profilo della fresa che si sceglie.

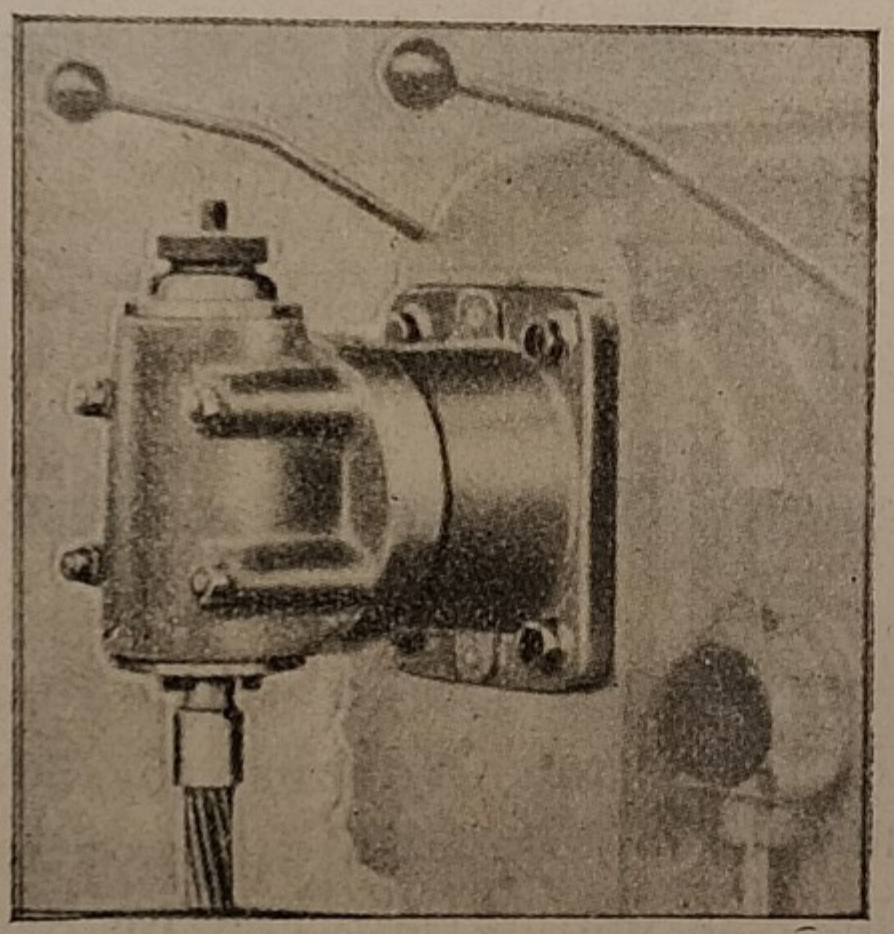


Fig. 306.

Per eseguire scanalature a T, a coda di rondine o scanalature per chiavette (vedi fig. 296) è necessaria la fresatrice verticale oppure occorre che la fresatrice sia dotata dell' apparecchio per fresare verticale. Questo permette di impiegare la macchina come se fosse una fresatrice verticale (fig. 306).

Tagli di ruote a denti diritti. Il taglio di una ruota a denti diritti richiede le seguenti operazioni:

1° - si monta il disco ruota (avente diametro $D_e = D_p + 2\,M$) su spina, tra le punte dell' apparecchio divisore;

2° - si sceglie la fresa, secondo il modulo ed il numero dei denti della ruota da tagliare, e si monta sull' albero portafresa;

3° - si centra il pezzo rispetto alla fresa e, manovrando le slitte come si è detto precedentemente, si innalza la tavola in modo da ottenere la profondità di passata richiesta (altezza H del dente $= {}^{13}/_{6}\,M$);

4° - si esegue la prima scanalatura;

5° - si ruota il pezzo, girando la manovella dell' apparecchio divisore, e si procede all' esecuzione della seconda scanalatura proseguendo poi allo stesso modo per tutte le altre.

Quando si devono tagliare più ruote eguali si montano sulla stessa spina e si tagliano insieme. Se la dentatura è grossa (modulo medio o grande) accanto alla fresa a modulo si monta una fresa sgrossatrice che prepara il vano.

§ 119. - Trapani.

I trapani servono per fare fori. Gli utensili usati a tale scopo sono le punte a lancia e le punte elicoidali di cui abbiamo già visto le caratteristiche. Le punte a lancia sono ancora usate per la semplicità di costruzione.

Quelle elicoidali (fig. 307) risultano più centrate, facilitano lo scarico del truciolo e provocano minore riscaldamento. Le punte elicoidali hanno codolo cilindrico o conico; quelle unificate sono distinte in tre tipi: serie corta, normale e lunga.

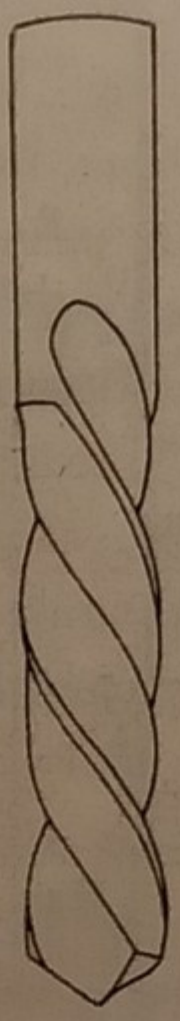


Fig. 307.

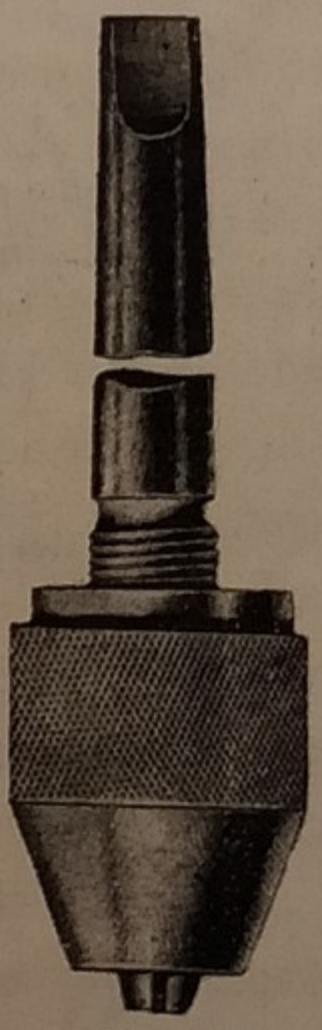


Fig. 308.

Vi sono anche punte elicoidali con placchetta di carburo saldata all'estremità e punte elicoidali con fori per la refrigerazione (per eseguire fori profondi).

Per l' affilatura delle punte da trapano vedere n.° 123.

La punta da trapano viene fissata ad un albero verticale, girante attorno al proprio asse (moto di lavoro) e chiamato *fuso*, mediante un mandrino autocentrante (fig. 308), e viene fatta approfondire nel pezzo (moto di avanzamento) con uno speciale dispositivo a mano od automatico. Questo, nei trapani più perfetti, è dotato di arresto automatico, che entra in azione non appena la

punta è giunta alla profondità fissata (leggibile su apposita graduazione) ed evita così ogni pericolo di rottura della punta (cosa che potrebbe avvenire se essa, dopo aver trapassato il pezzo, andasse ad urtare contro la tavola di sostegno).

I trapani usati nelle moderne officine possono essere *a colonna*, *radiali*, *semplici* o *multipli*.

Si dicono *a colonna* quelli in cui il fuso è verticale, ad asse fisso, ed è portato da un supporto a colonna munito di due o tre bracci di sostegno per i cuscinetti. Il pezzo viene fissato sopra una tavola mentre l'utensile gira attorno al proprio asse ed avanza lungo il medesimo (per ottenere la necessaria profondità di foro).

I trapani più comuni sono quelli *sensitivi*, detti pure *veloci* perchè possono compiere fino a 6000 e più giri al minuto. Un trapano sensitivo (fig. 309) è composto di un basamento *B* che porta una colonna *C*. La parte superiore *I* dell'incastellatura ha tre bracci, i primi due sostenenti l'*albero porta-utensile A*, l'ultimo le due *pulegge di rinvio* o *galoppini G*. Lungo la colonna può alzarsi o abbassarsi la *mensola M* sostenente la *tavola T*. La mensola si fissa all'altezza voluta mediante la *vite a leva L*. La rotazione dell'utensile *U*, applicato con un mandrino autocentrante *X* all'estremo inferiore dell'albero *A*, si ottiene mediante la *puleggia di testa O* (scorrevole lungo la scanalatura per chiavetta dell'albero) la quale è abbracciata dalla *cinghia ad angolo H* che accavalca i galoppini

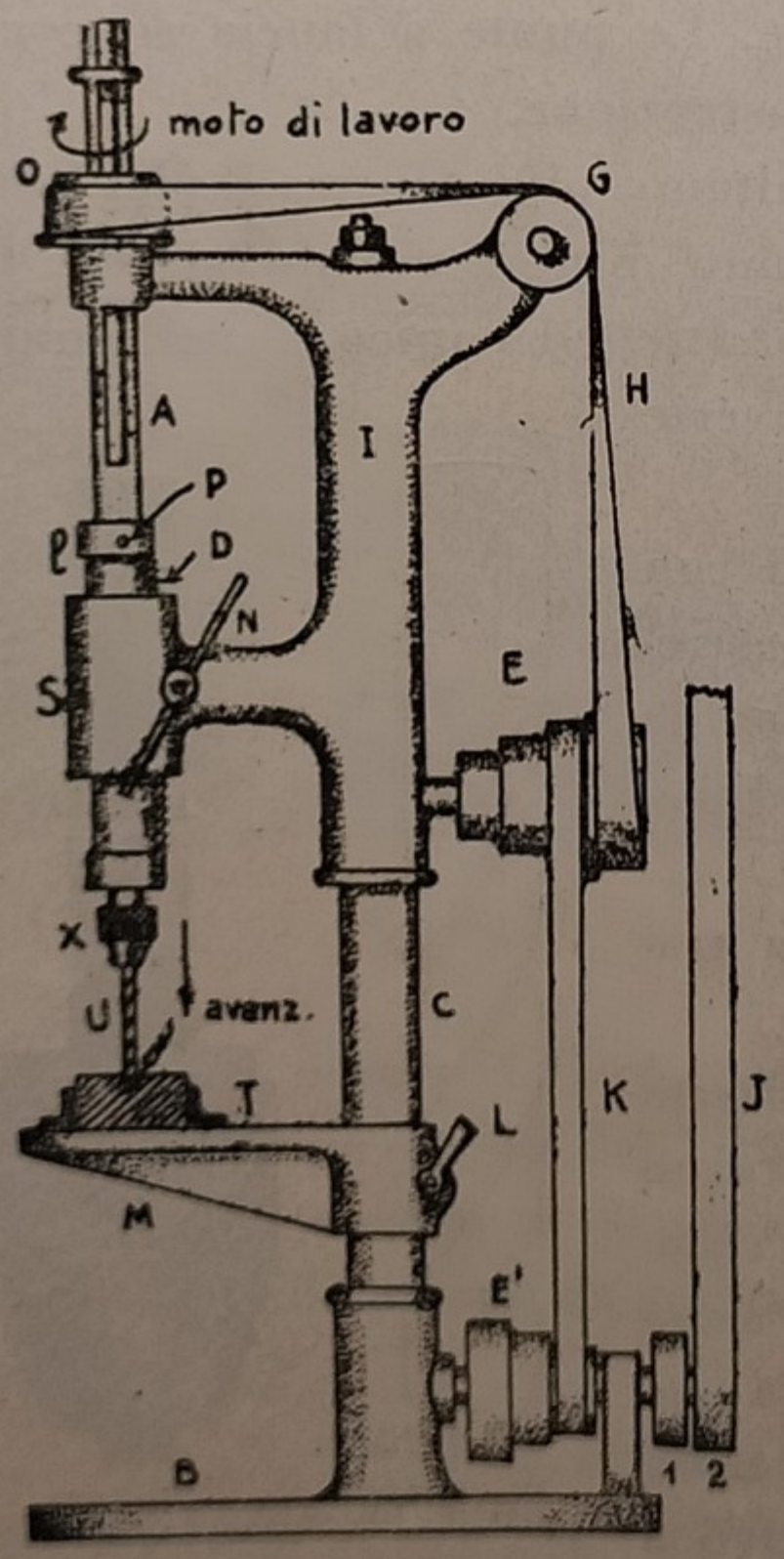


Fig. 309.

e scende ad avvolgere una apposita puleggia solidale col cono *E*. Questo è collegato con la cinghia *K* al cono complementare *E'*, sul cui asse è calettata la coppia di pulegge *1* e *2*, di cui la prima è fissa e l'altra folle. Un'ultima cinghia *J*, collegante la coppia coll' albero secondario dell' officina, serve a mettere in moto od in riposo la macchina.

Per ottenere l' avanzamento dell' utensile vi è il seguente dispositivo: l' albero *A* è abbracciato da un manicotto *l* che porta lateralmente una dentiera *D* scorrevole in adatta scanalatura praticata nel supporto *S*.

In una cavità di detto supporto trovasi un rocchetto dentato che può farsi ruotare a mano mediante la leva *N*. Il rocchetto, ingranando con la dentiera del manicotto, fa abbassare o innalzare (secondo il senso di rotazione della leva) l' albero porta-utensile per approfondire il foro o distaccare l' utensile dal pezzo. Il manicotto è collegato all' albero mediante uno o due pernetti *P* penetranti in una scanalatura circolare dell' albero e che permettono a questo di continuare a girare mentre si abbassa o s' innalza.

L' aggettivo « *sensitivo* » dato al nome di questo trapano, che può fare fori di piccolo diametro (fino a 12 mm.) ed è di piccola potenza, deriva dal fatto che in esso l' avanzamento della punta da forare (punta elicoidale nella maggior parte dei casi) si ottiene sempre a mano e l' operaio, tenendo sempre in azione la leva *N*, mentre lavora, sente attraverso la sua mano l' entità della resistenza che incontra la punta e può regolare la pressione sulla leva secondo la necessità. La fig. 310 rappresenta un trapano sensitivo da banco (Ravedati). Negli altri tipi di trapano, in quelli cioè adatti per lavori più pesanti (fori più grandi) e dotati di maggior potenza, vi è, oltre la leva per l' avanzamento a mano, anche uno speciale dispositivo per l' avanzamento automatico. Inoltre detti trapani si distinguono a colpo d' occhio da quelli sensitivi perchè hanno gli organi motori formati, anzichè di pulegge, di una coppia di pignoni conici, di cui uno calettato sull' albero del cono di pulegge *E* e l' altro sull' albero porta-utensile. Finalmente la tavola dei trapani stessi può girare, con tutta la mensola, attorno alla

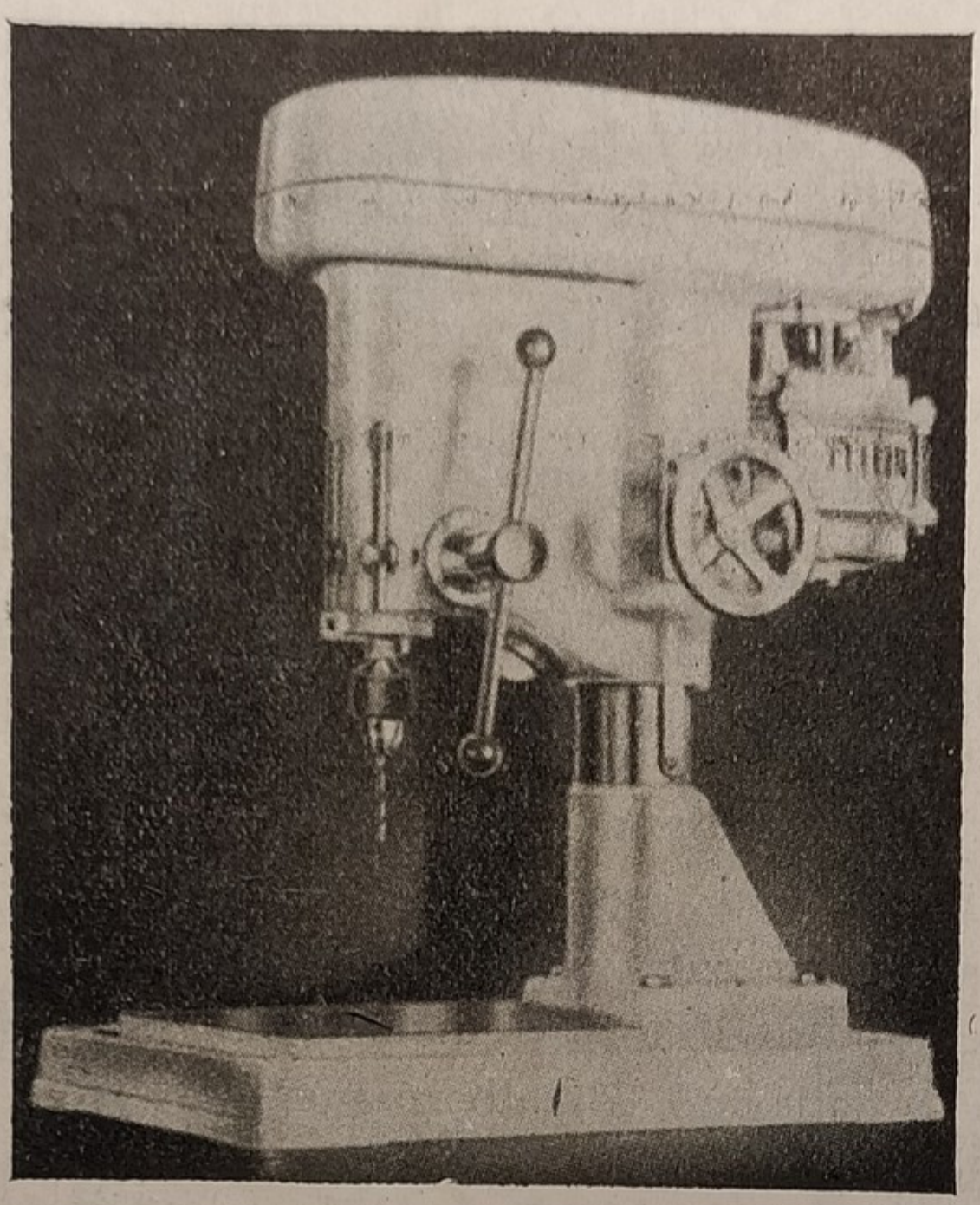


Fig. 310

colonna di sostegno, e può spostarsi verticalmente con un congegno a pignone e cremagliera.

Nei trapani *radiali* il fuso è portato da un carrello scorrevole lungo un grosso braccio orizzontale girevole attorno ad una colonna (fig. 311). I trapani *semplici* sono quelli che hanno un solo fuso; quelli *multipli* sono a più fusi e quindi portano altrettanti utensili, che possono lavorare contemporaneamente. Questi ultimi trapani sono molto usati per eseguire parecchi fori sullo stesso pezzo, cosa che capita spesso nelle lavorazioni in serie, per esempio quando si debbono forare le flange d'attacco dei tubi per farvi alloggiare i bulloni passanti di collegamento (figu- 312). In questi la-

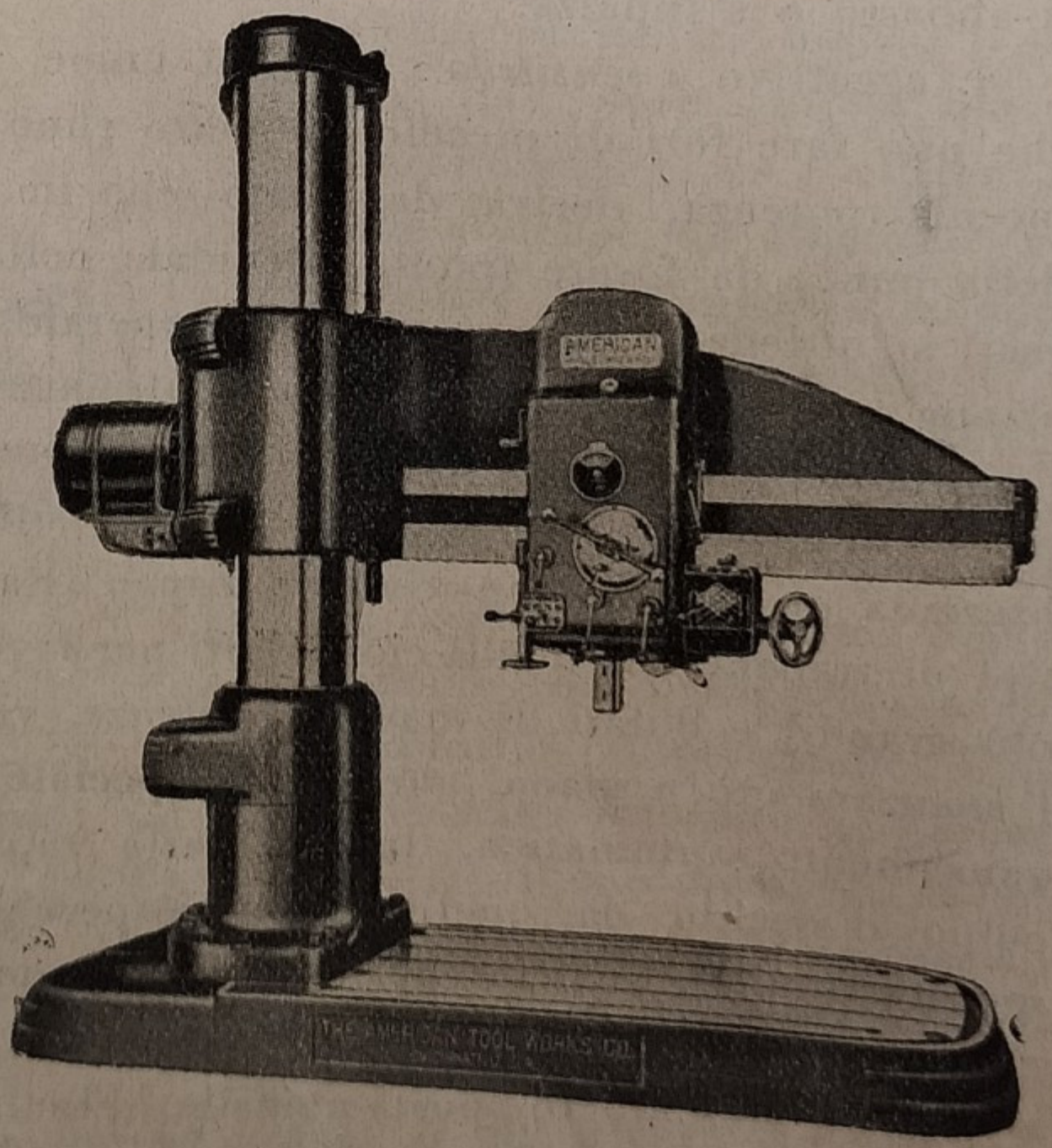


Fig. 311

vori, affinchè i fori riescano ben fatti e nelle esatte posizioni prescritte, il pezzo viene chiuso o semplicemente coperto da un apparecchio di foratura (*maschera*), munito di fori uguali ed ugualmente disposti rispetto a quelli che deve avere il pezzo, che servono a guidare le diverse punte nel loro lavoro.

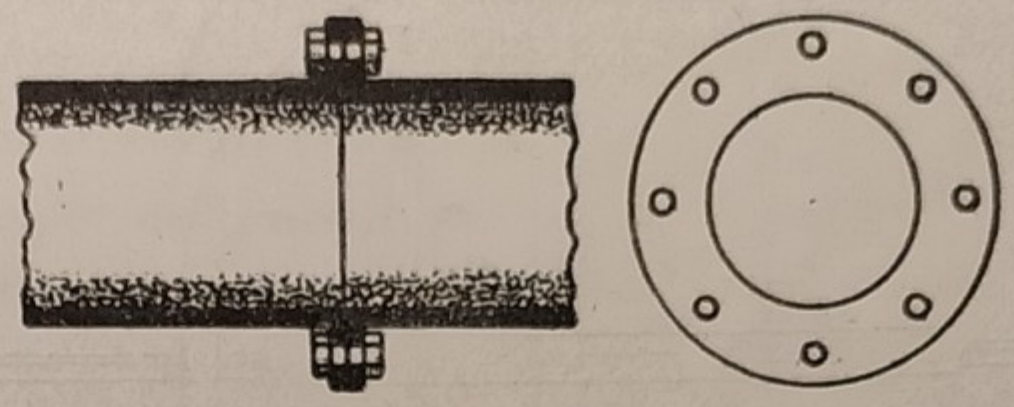


Fig. 312.

§ 120. - Macchine a moto di lavoro rettilineo.

Sono macchine che hanno il moto di lavoro rettilineo alternativo che comprende una corsa di lavoro utile ed una corsa di ritorno a vuoto generalmente più veloce (ritorno celere).

§ 121. - Piallatrice.

Nella piallatrice il moto di lavoro rettilineo è posseduto dal pezzo e quello di alimentazione dell' utensile (fig. 313).

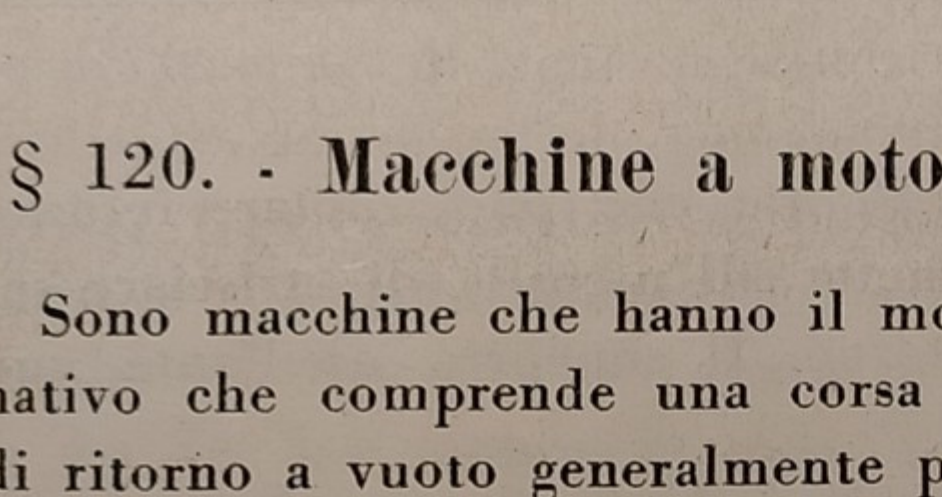


Fig. 313.

La fig. 314 rappresenta schematicamente una piallatrice. La incastellatura è composta di un lungo *banco A*, munito di guide rettilinee su cui scorre la *tavola T*, e di due *montanti B* e *C* uniti superiormente da una *traversa fissa D*. Lungo le facce anteriori dei montanti può spostarsi verticalmente la *traversa mobile E* che porta uno o due carrelli (di traversa).

Il carrello è composto di una *slitta orizzontale* scorrevole lungo la traversa (alimentazione), di una *piastra orientabile*

che permette di inclinare l'utensile (per lavorare un piano obliquo), di una *slitta verticale* (per regolare la profondità di

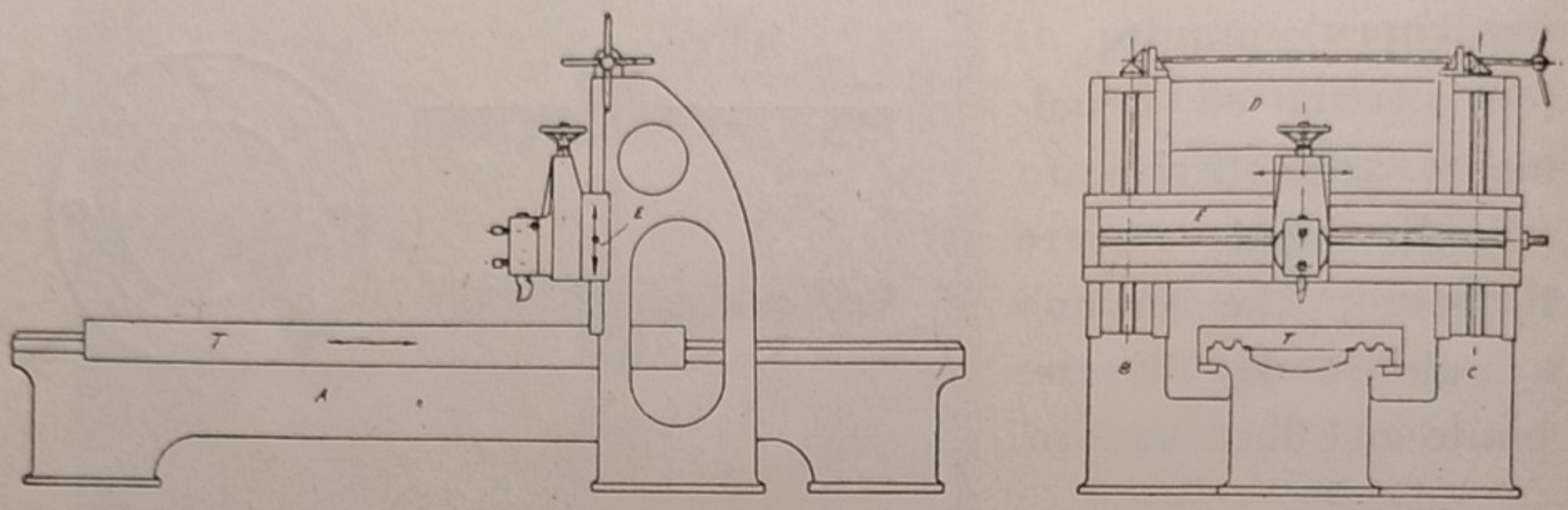


Fig. 314.

passata) e di *un supporto oscillante* che può ruotare intorno ad un asse orizzontale e permette all'utensile di strisciare sul pezzo durante la corsa di ritorno. Il supporto oscillante può anche essere orientabile.

Alcune piallatrici hanno anche *carrelli di montante.*

Il pezzo, fissato con adatti dispositivi alla tavola e dotato del moto impresso a questa mediante un sistema di ruote dentate e di una dentiera (posti nella parte interna del banco e sotto la tavola), viene a passare davanti al nasello dell'utensile portato dal carrello.

Inversione del movimento della tavola. L'inversione del movimento della tavola può ottenersi con diversi dispositivi.

Comunemente si usa il sistema *a due cinghie:* una diritta per la corsa di lavoro ed una incrociata per quella di ritorno.

Alla fine della corsa di lavoro la cinghia diritta viene spostata su una puleggia folle e la cinghia incrociata dalla puleggia folle su quella fissa. Lo spostamento delle cinghie è ottenuto con un sistema di leve azionato per urto da due scontri che si possono fissare su un lato della tavola in modo da regolare la lunghezza della corsa.

La fig. 315 rappresenta schematicamente un sistema di inversione a doppia cinghia con *ritorno celere.* La cinghia C trasmette il moto di lavoro alla puleggia A mentre la cinghia C' si trova sulla puleggia folle A'. Al termine della corsa di

lavoro lo spostacinghie si sposta verso destra, la cinghia C passa sulla puleggia folle B', successivamente la cinghia C' passa sulla puleggia fissa B e trasmette il moto celere di ritorno.

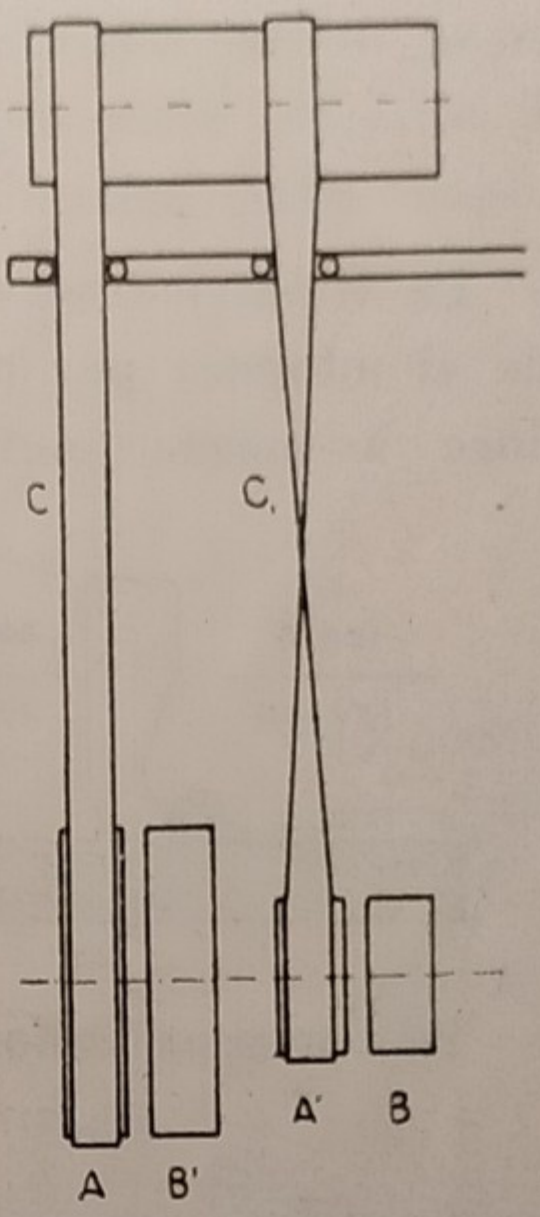


Fig. 315.

Speciali meccanismi, manovrabili a mano od automaticamente, permettono di dare all'utensile l'avanzamento orizzontale o verticale ad ogni fine corsa di lavoro. L'avanzamento orizzontale automatico si ottiene facendo ruotare la vite conduttrice al termine di ogni corsa di lavoro, mediante un nottolino comandato dalla tavola. Con le piallatrici si possono eseguire la spianatura di superfici orizzontali ed oblique e lavori di solcatura rettilinea.

La fig. 316 rappresenta una piallatrice Comerio a due montanti (con ritorno rapido).

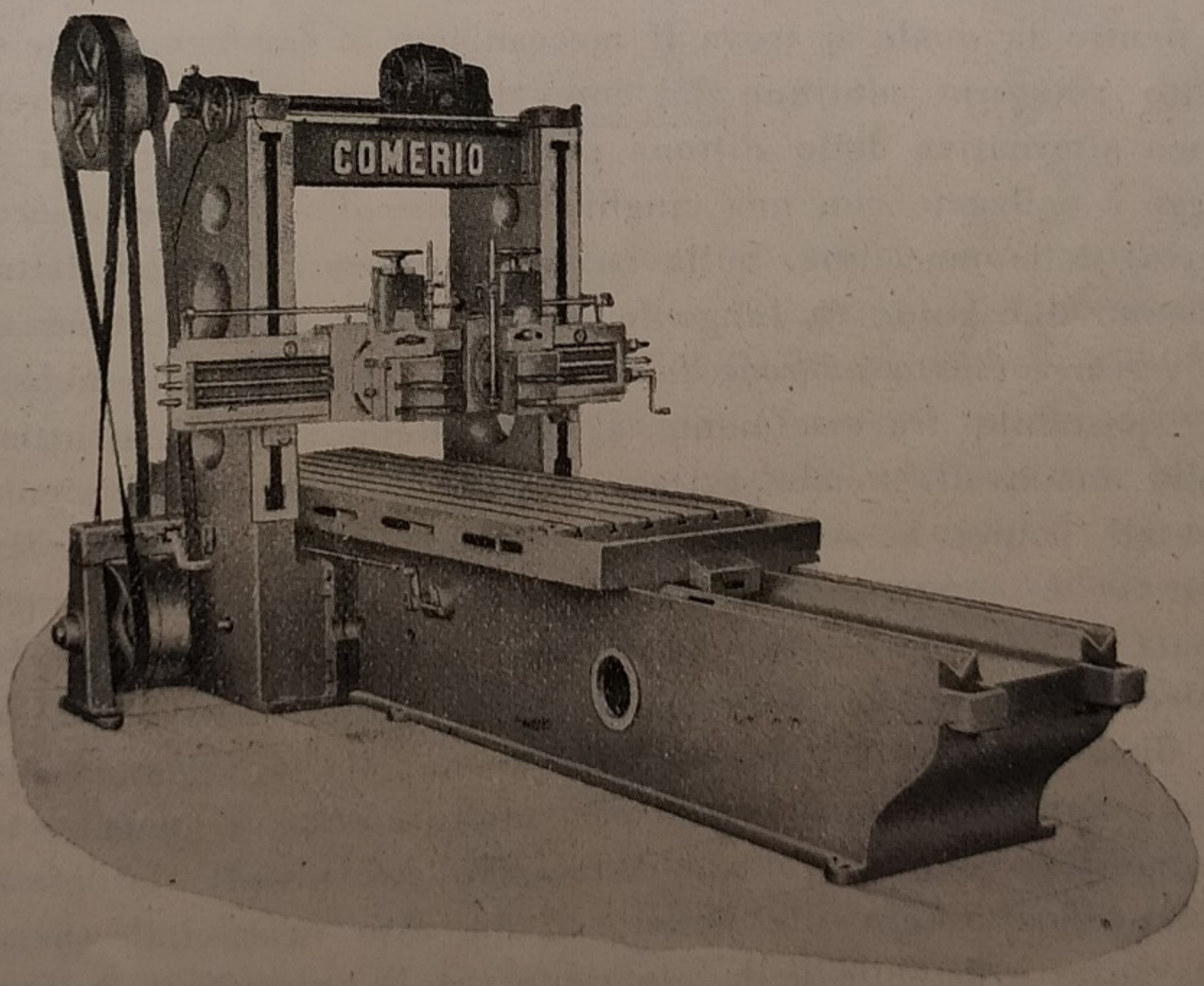
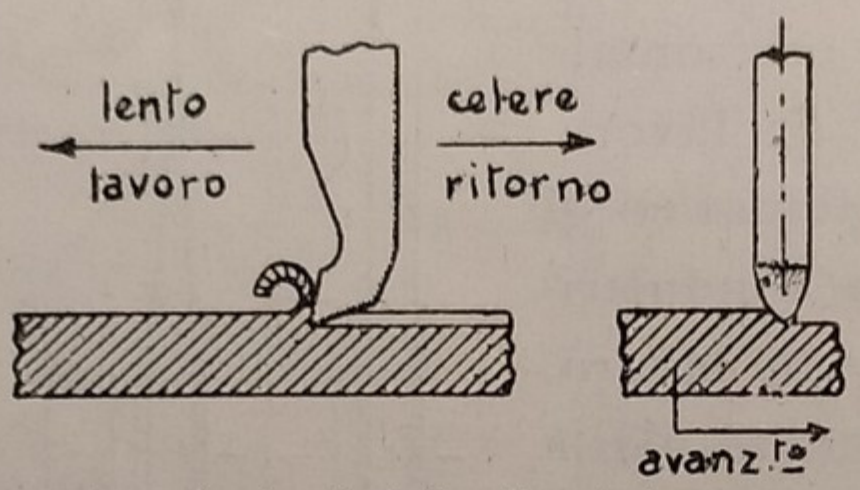


Fig. 316.

§ 122. - Limatrice.

La limatrice serve a fare gli stessi lavori della piallatrice ma si adopera per pezzi più piccoli (corsa di solito non superiore a mezzo metro; eccezionalmente fino ad un metro). Essa ha, rispetto alla piallatrice, i moti principali invertiti (fig. 317).



moti principali della limatrice

Fig. 317.

Nella limatrice (fig. 318) l'utensile *U* è dotato di moto rettilineo alternativo (moto fondamentale), mentre il pezzo *P*, piazzato sopra la tavola, riceve un moto traversale di avanzamento dopo ogni corsa di lavoro dell'utensile.

La macchina è composta di un'*incastellatura* parallelepipeda *I*, dentro la quale si trova il meccanismo di trasformazione del moto rotatorio continuo del cono di pulegge *C* in moto rettilineo alternativo dello *slittone porta-utensile S*. Il cono di pulegge è collegato con una cinghia al *contralbero* (albero secondario) della macchina. Sulla faccia anteriore dell'incastellatura vi sono due guide *G*, lungo le quali può alzarsi od abbassarsi la traversa (*slitta a croce della tavola*) *T* collegata alla mensola *M* spostabile traversalmente. Il moto della traversa si ottiene colla manovella *m* che agisce, attraverso la coppia di pignoni dentati conici *n* sulla vite di sollevamento *o*. La *testa dello slittone* è composta di 4 parti: *la piastra orientabile 1* (graduata e girevole attorno ad un asse orizzontale per poter eseguire piallature su piani comunque inclinati sull'orizzonte), la *slitta verticale 2* (mossa dalla manovella *V* agente sopra una coppia vite-madrevite, per approfondire l'utensile nel pezzo dopo ogni passata o distaccarlo dal pezzo), la piastra rettangolare *3* (girevole attorno ad un asse orizzontale fissato alla slitta e fissabile nella posizione voluta con adatti bulloni), il *supporto oscillante 4* (sostenente il *morsetto a feritoia* a cui

si adatta l'utensile e che può oscillare attorno ad un perno orizzontale, per sollevare il nasello dell'utensile durante la corsa di ritorno e farlo strisciare a dolce attrito sulla superficie lavorata del pezzo).

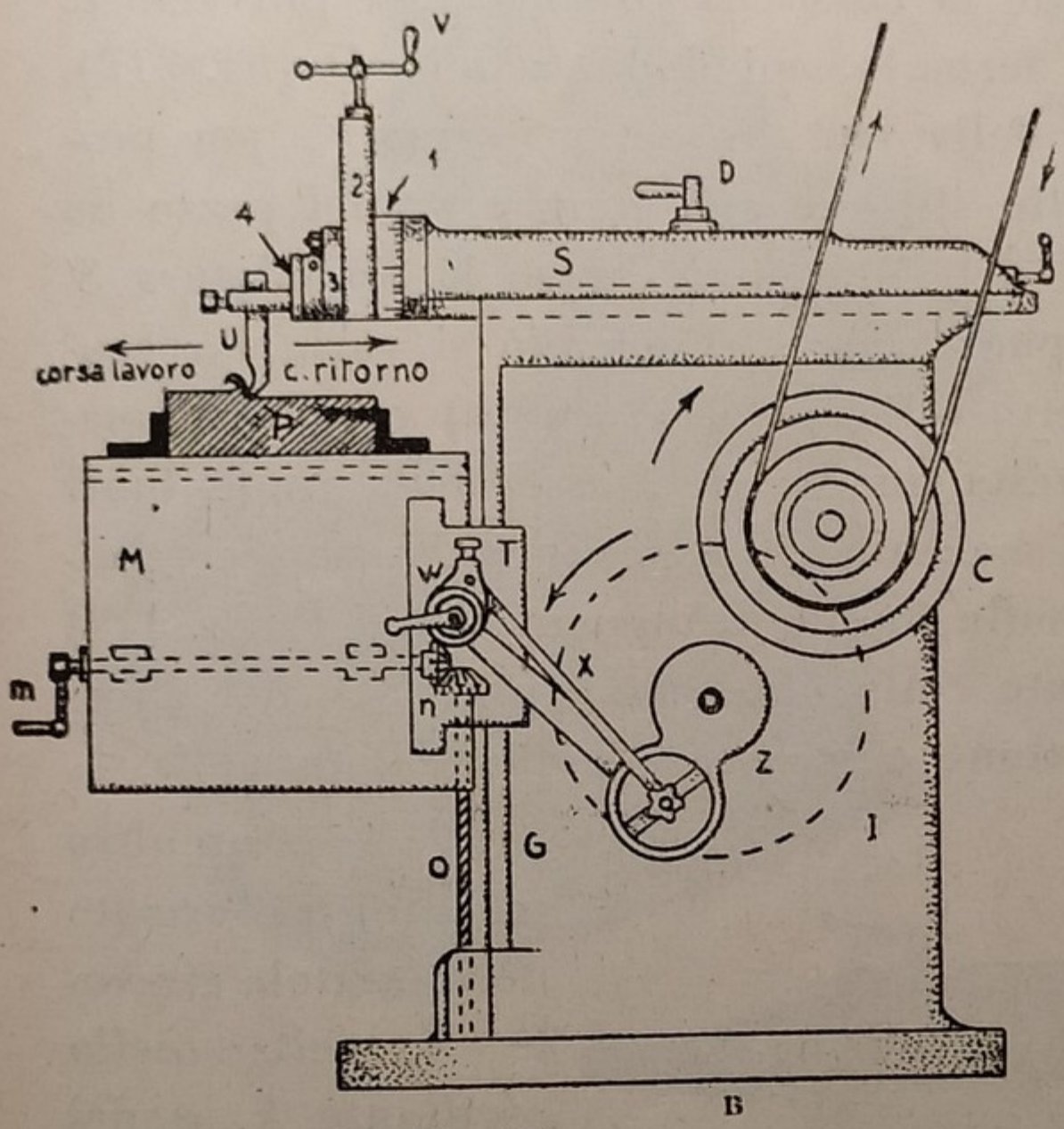


Fig. 318.

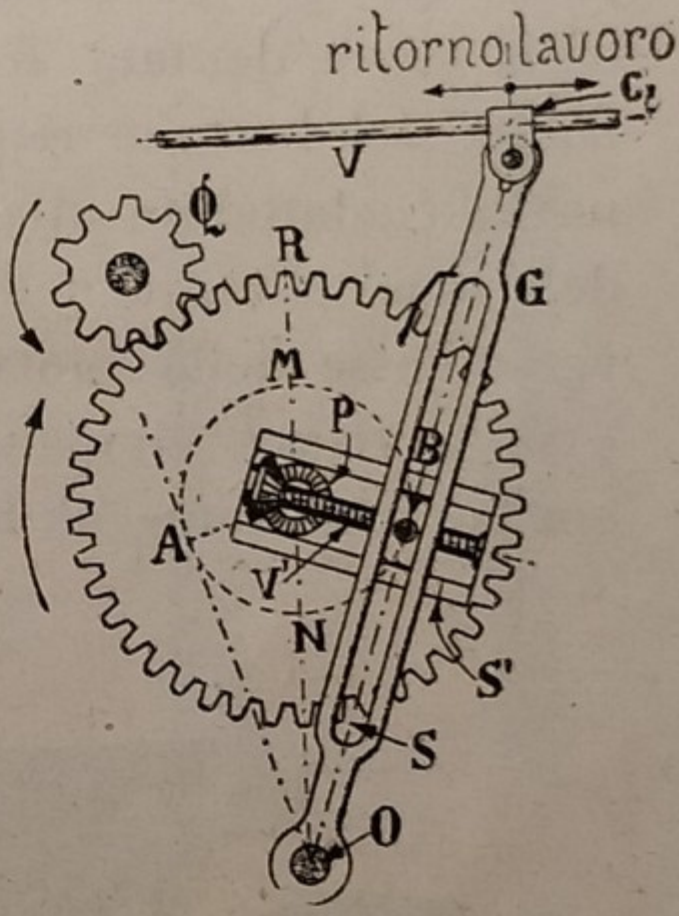


Fig. 319.

Il moto alternativo dello slittone si ottiene come mostra la fig. 319 che rappresenta, nelle parti essenziali, il meccanismo racchiuso nell'incastellatura, visto dalla parte opposta alla faccia portante il cono di pulegge. Sull'asse di questo cono è calettato il pignone dentato *Q*, che ingrana con la grande ruota dentata *R*. A questa è collegato il *glifo oscillante* *G*, il cui *bottone* *B* (che si può fissare in un punto qualsiasi della scanalatura diametrale *S'* della ruota) scorre nella *feritoia* *S* del glifo stesso. Siccome il glifo è imperniato nel punto *O* sull'asse verticale della ruota e collegato, con attacco a forcella, ad un corsoio a madrevite *C* spostabile lungo la vite longitudinale *V* racchiusa nello slittone, quando la ruota *R* gira nel senso della freccia, il bottone *B* fa oscillare il glifo attorno al suo perno e quindi determina il va e vieni dello slittone. Se ora consideriamo la circonferenza *A M B N* percorsa dal bottone in un

giro della ruota e i punti A e B in cui l'asse del glifo risulta tangente a tale circonferenza, vediamo che, quando il bottone percorre il lungo arco $A\,M\,B$, lo slittone compie la *corsa di lavoro*, che è lenta; quando invece percorre il corto arco $B\,N\,A$, lo slittone compie la *corsa di ritorno* che è più veloce. Il corsoio C può essere fermato, col dado a leva D (fig. 318), in un punto qualunque della vite (o della barra V, per proporzionare la corsa dello slittone alla lunghezza del pezzo da piallare). La posizione del bottone B lungo la scanalatura S' della ruota dentata si può variare (e con ciò si varia l'eccentricità del bottone rispetto all'asse della ruota) con una manovella adattabile alla testa quadra dell'asse della ruota fuori dell'incastellatura della macchina. Tale manovella agisce attraverso l'asse della ruota sulla coppia di pignoni conici P (fig. 319) e sulla vite V' impanante colla chiocciola praticata nel blocchetto sottostante al bottone e scorrente nella scalatura S'.

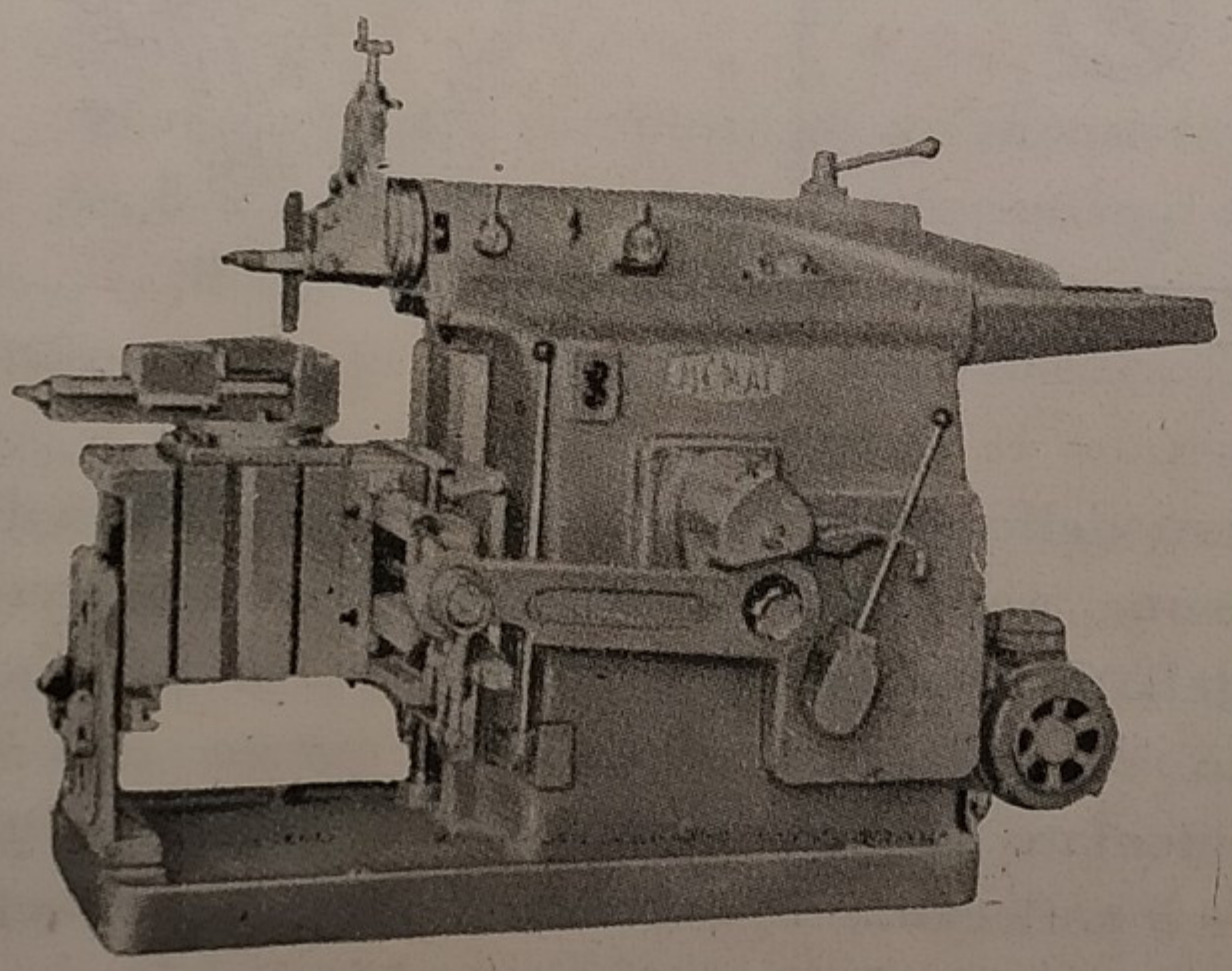


Fig 320.

Vi è poi un altro meccanismo formato della scatola girevole Z, della *biella oscillante* X, e del *nottolino* W che, agendo sulla vite longitudinale della traversa T, determina il moto periodico di avanzamento della mensola M e del pezzo P da essa sopportato ad ogni fine di corsa di lavoro dell'utensile (fig. 318).

La fig. 320 mostra una limatrice con comando diretto a motore elettrico (W. Homberger e C.) con morsa parallela girevole montata sulla tavola.

Le ***stozzatrici*** (fig. 321) sono limatrici aventi il moto dell'utensile verticale anzichè orizzontale. Lo slittone porta-uten-

sile è scorrevole su guide verticali fissate sulla faccia anteriore e superiore dell' incastellatura. Gli utensili delle stozzatrici, per il loro modo particolare di lavorare, sono diversi da quelli delle altre due macchine alternative di cui abbiamo testè parlato, come si può

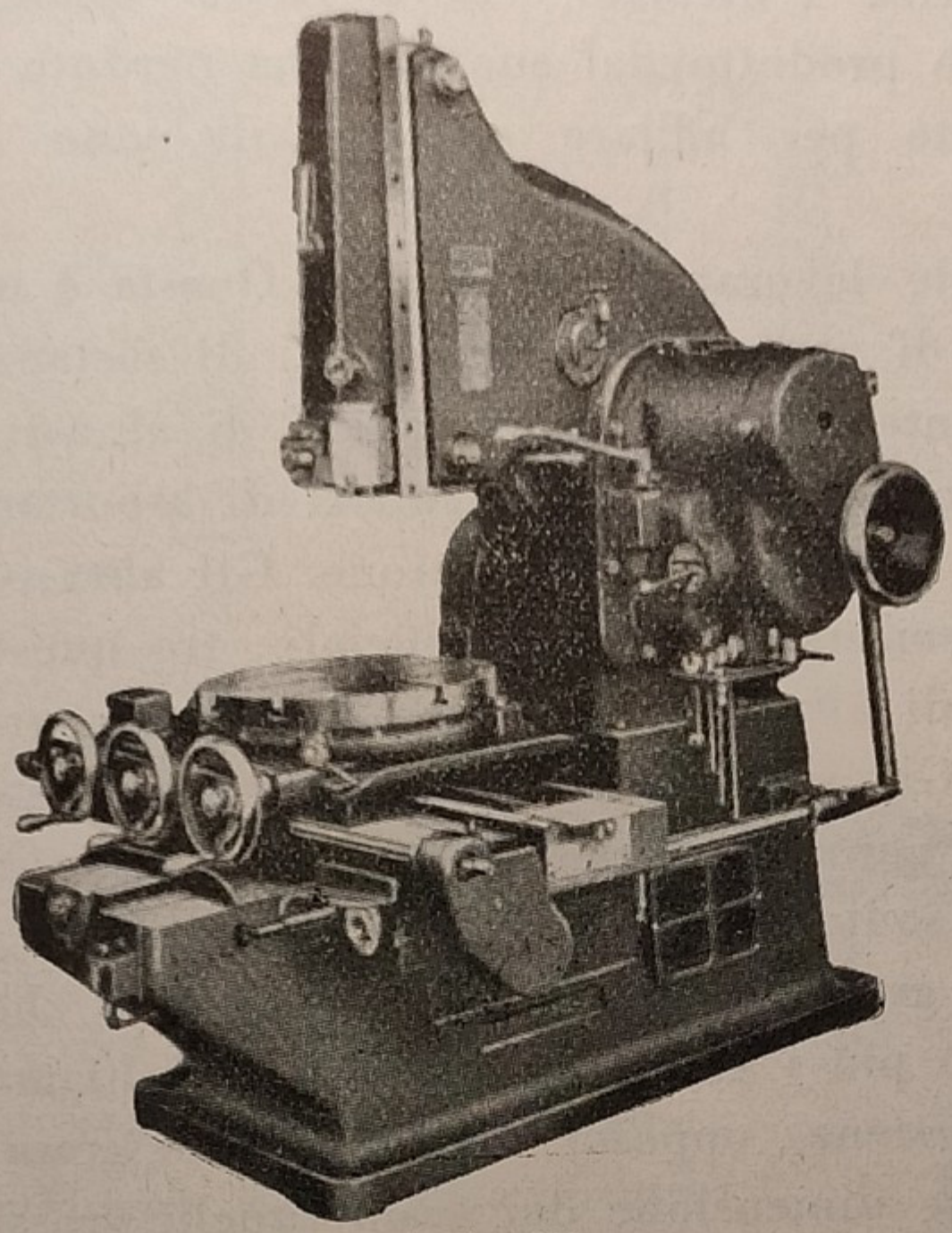


Fig. 321.

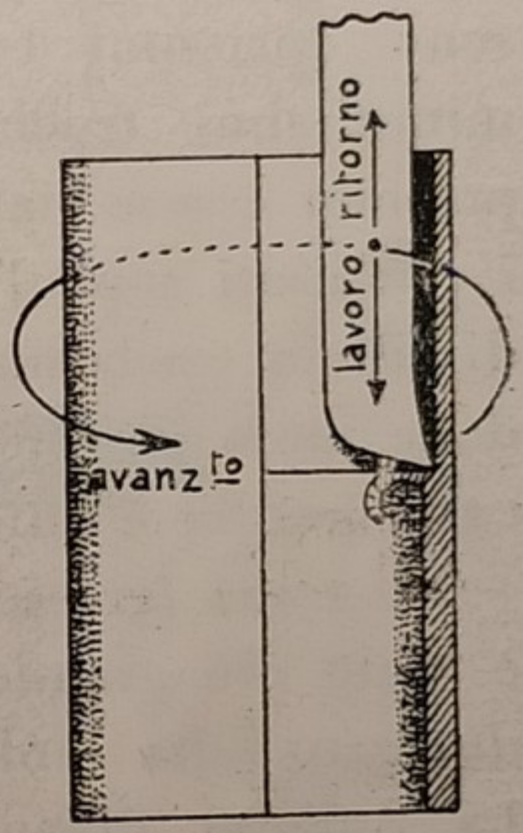


Fig. 322.

rilevare dalla fig. 322. La tavola girevole (porta-oggetto) può spostarsi in senso longitudinale e trasversale ed anche ruotore attorno ad un asse verticale, per impartire al pezzo l' alimentazione necessaria, ad ogni fine corsa di lavoro. Colle stozzatrici si può spianare la superficie interna dei pezzi forati, contornare superfici cilindriche interne od esterne (in tal caso il pezzo gira di un piccolo angolo attorno al proprio asse dopo ogni corsa di lavoro dell' utensile) ed eseguire scanalature dentro pezzi comunque forati.

§ 123. - Molatrici e affilatrici.

Tutti gli utensili, per poter asportare bene il soprametallo dai pezzi che con essi vengono lavorati, debbono avere gli spigoli lavoranti ben affilati, ossia vivi e taglienti. Si *chiama*

quindi **affilatura** *l'operazione con cui si rendono taglienti gli spigoli lavoranti di un utensile.* Tale operazione si fa dopo la tempera quando si fabbrica l'utensile e deve rifarsi quando l'utensile, per il consumo prodotto dal suo uso, ha perduto il taglio. Le macchine usate per affilare gli utensili sono le *molatrici* e le *affilatrici.*

Esse hanno per utensile lavorante una *mola.* Questa è un solido rotondo costituito di un impasto di granelli di sostanze abrasive e di agglomerante o *cemento.* I granelli di abrasivo sono durissimi ed hanno spigoli taglienti capaci di asportare minutissimi trucioli dal metallo in lavorazione. Gli abrasivi possono essere naturali (smeriglio ecc.) e artificiali; tra questi i più usati sono l'ossido di alluminio (alundum) ed il carburo di silicio (carborundum). Gli agglomeranti usati per l'impasto delle mole possono essere *ceramici* (argilla vetrificata), *al silicato* (argilla e silicato di sodio) ed *elastici* (gommalacca).

La grana (grossezza dei grani) si indica con un numero che è tanto più grande quanto più i grani sono piccoli. Si chiama *durezza* della mola la resistenza opposta al distacco dei grani. La durezza dipende dalla dimensione dei grani (quelli grossi si staccano più facilmente) e dalla coesione del cemento che li tiene insieme ed è contrassegnata, in commercio, da lettere dell'alfabeto o da numeri secondo che si tratta di mole ceramiche (con cemento di argilla vetrificata) e al silicato, oppure di mole elastiche (alla gommalacca). Vi sono mole *tenerissime*, *tenere*, *medie*, *dure* e *durissime.* Per lavorare metalli duri (che consumano i grani più rapidamente), con estesa superficie di contatto e notevole quantità di materiale da asportare, si usano mole tenere.

Secondo la forma le mole possono essere (fig. 323):

1° - a disco, *a)*;

2° - a tazza cilindrica *b)* o conica *c)*;

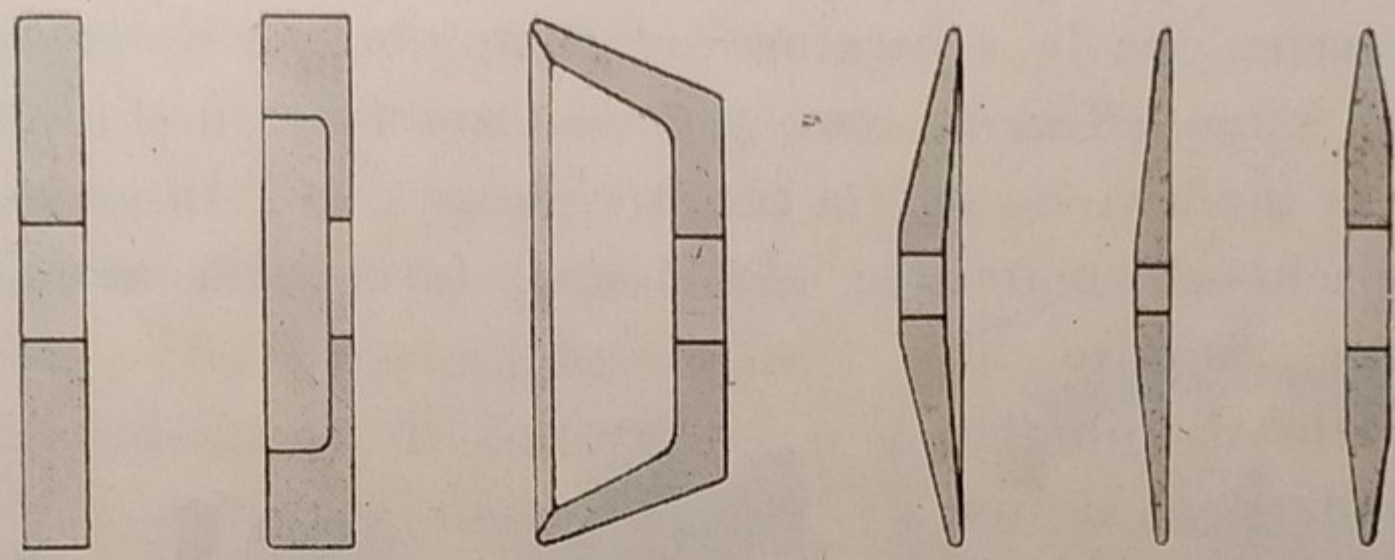
3° - a coppa *d)*;

4° - a bisello *e)*;

5° - a punta *f)*, ecc.

In seguito all'uso la forma della mola si modifica e si levigano i granuli di abrasivo (mola lucidata). Per ravvivare la

mola si usano rotelle di acciaio ondulate (fig. 324) o dentate e per restituirle la forma primitiva si usa un grano di diamante incastrato in un sostegno.



a b c d e f

Fig. 323.

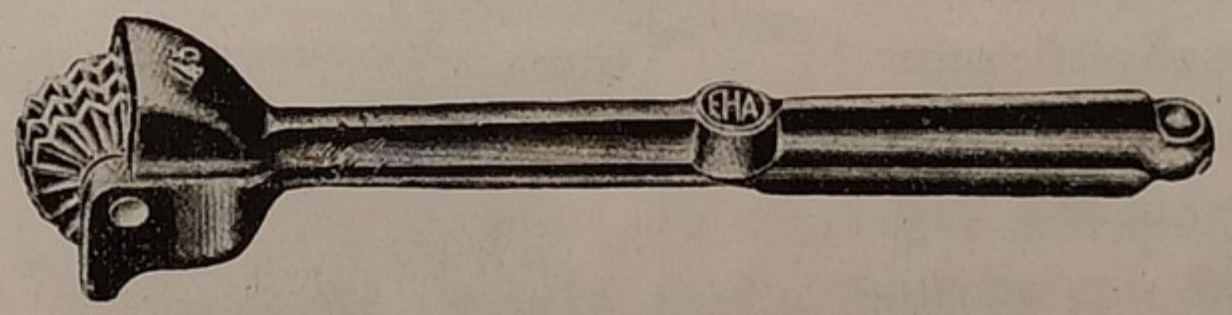


Fig. 324.

Molatrice. La molatrice ordinaria è composta di una incastellatura che sostiene un albero orizzontale portante una o due mole. Il moto di rotazione viene impartito alle mole da una manovella a mano o da una puleggia collegata con cinghie all'albero di trasmissione dell'officina o, meglio, alla puleggia motrice di un motorino elettrico indipendente.

La fig. 325 rappresenta una molatrice ordinaria con motore situato nell'interno dell'incastellatura. La macchina è provvista di due

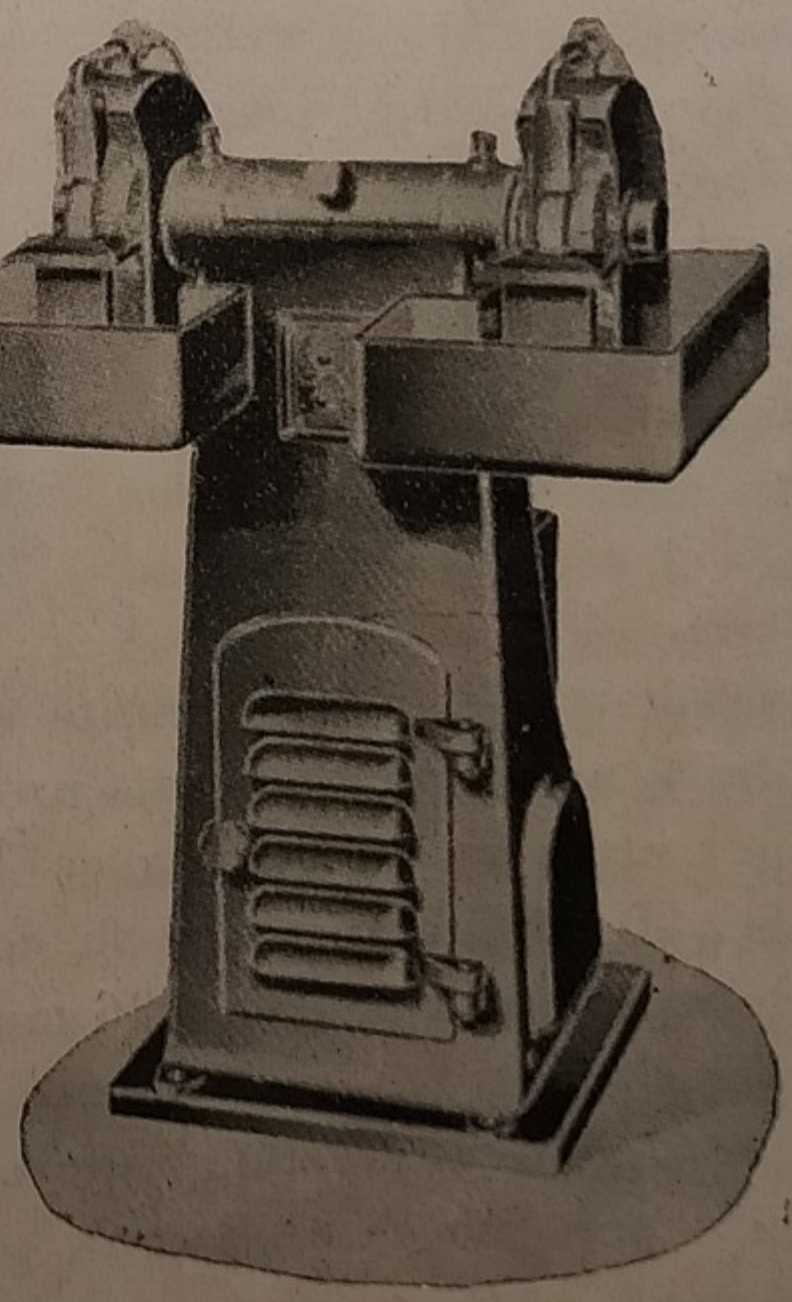


Fig. 325.

robuste cuffie (per proteggere l' operatore nel caso di rottura delle mole), di due vaschette e di una pompa che serve a far circolare l' acqua. A cagione della elevata velocità di rotazione è necessario che la centratura ed il montaggio delle mole sull'albero siano effettuati con grande cura (vedi n. 143). Normalmente la mola viene stretta tra due flange con l' interposizione di due dischi di materiale elastico. Il foro della mola è generalmente munito di un anello di piombo. La molatrice si usa solo per l' affilatura di comuni utensili da aggiustatore (scalpelli, ugnetti, raschietti, punte a lancia ecc.). Gli utensili vengono appoggiati ad un adatto supporto, fissato alla

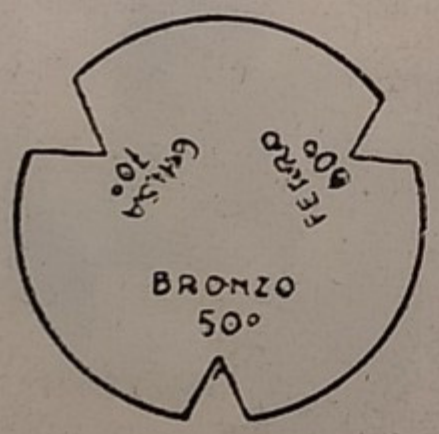


Fig. 326.

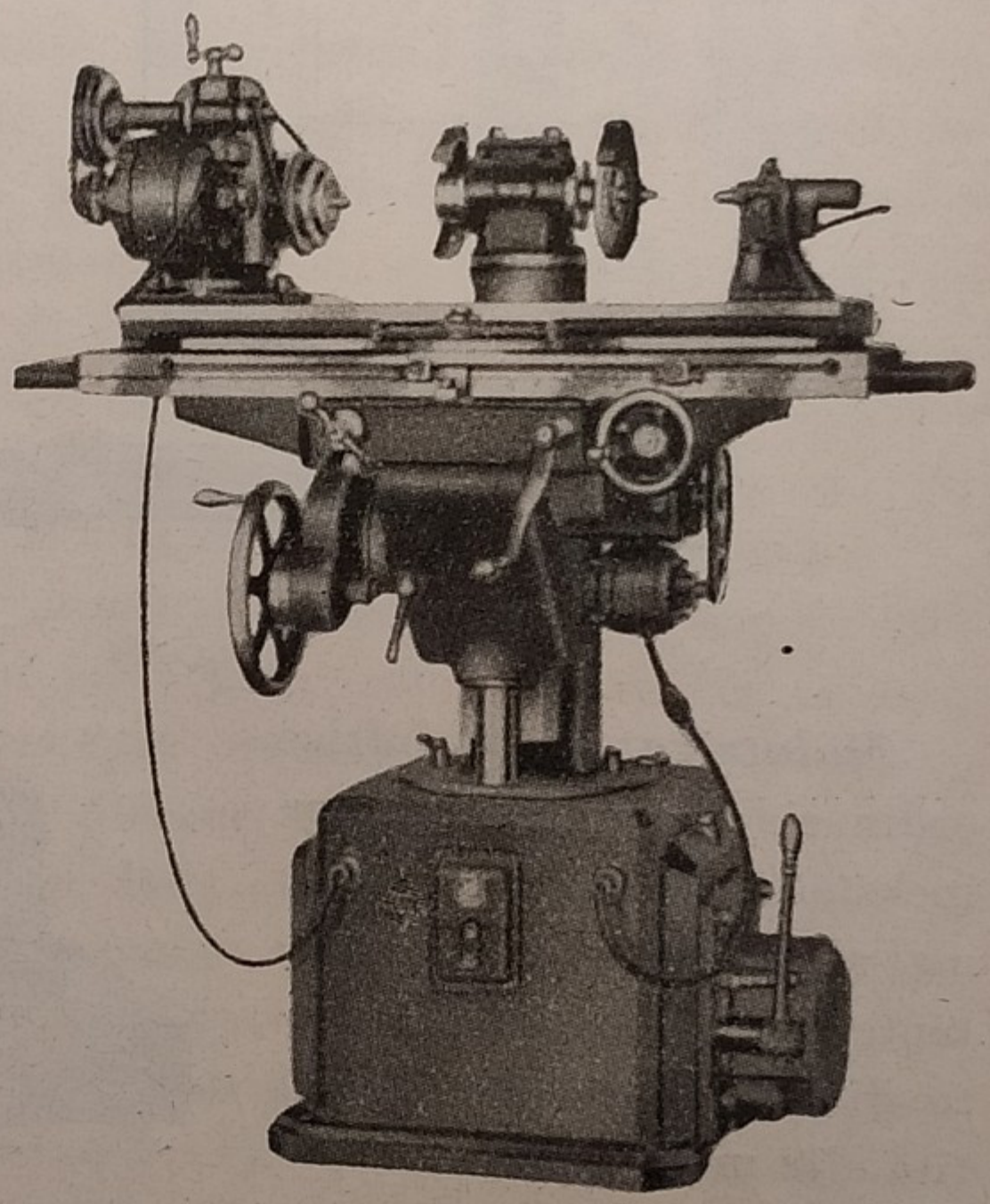


Fig. 327. Affilatrice universale (Le Blond).

vaschetta, e le loro punte si tengono aderenti alla superficie della mola con moderata pressione e coll' inclinazione necessaria per ottenere l' affilatura coi prescritti angoli di taglio. La verifica di questi angoli si fa con squadre fisse o meglio con opportune *sagome*. La fig. 326 mostra una sagoma di uso frequente per il controllo dell' angolo di taglio di uno scalpello.

L' affilatura delle punte elicoidali da trapano e degli utensili per macchine (torni, piallatrici, limatrici, fresatrici ecc.) non è così semplice, perchè richiede la conservazione di angoli, facce e spigoli di taglio e di spoglia più numerosi e com-

plicati e si rende difficile anche per la posizione di questi elementi geometrici. Per eseguirla vi sono *affilatrici* più complesse, (fig. 327) con supporti speciali per sostenere gli utensili e speciali graduazioni e maniglie, con cui si può regolare, sulla scorta di apposite tabelle, la giusta posizione dell'utensile ed ottenere i prescritti angoli di taglio e di spoglia. Quando l'affilatura è stata eseguita viene controllata con adatti strumenti, meccanici od ottici, di controllo.

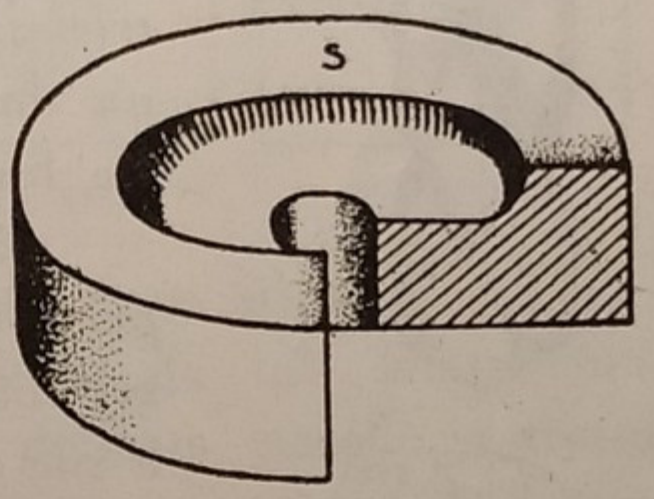


Fig. 328.

Per i limiti del nostro lavoro, non possiamo che dare un rapido cenno sull'affilatura delle punte elicoidali da trapano, che si usano correntemente nell'aggiustaggio. La fig. 328 mostra la forma che si dà comunemente alle mole delle affilatrici per tali punte: *S* è la superficie lavorante della mola. Nella fig. 329 si vede la costituzione dell'affilatrice col supporto oscillante *S* della punta da affilare *P*. L'oscillazione del supporto durante la rotazione della mola permette di dare agli spigoli penetranti dell'utensile il dovuto angolo di spoglia (che serve a facilitare sia la penetrazione che la formazione dei trucioli). *M* è la mola, *N* la puleggia motrice, *t* e *t'* i tubi di irrorazione e di scarico per il refrigerante, *V* la vaschetta, *C* la cinghia azionante la piccola pompa per il moto del liquido.

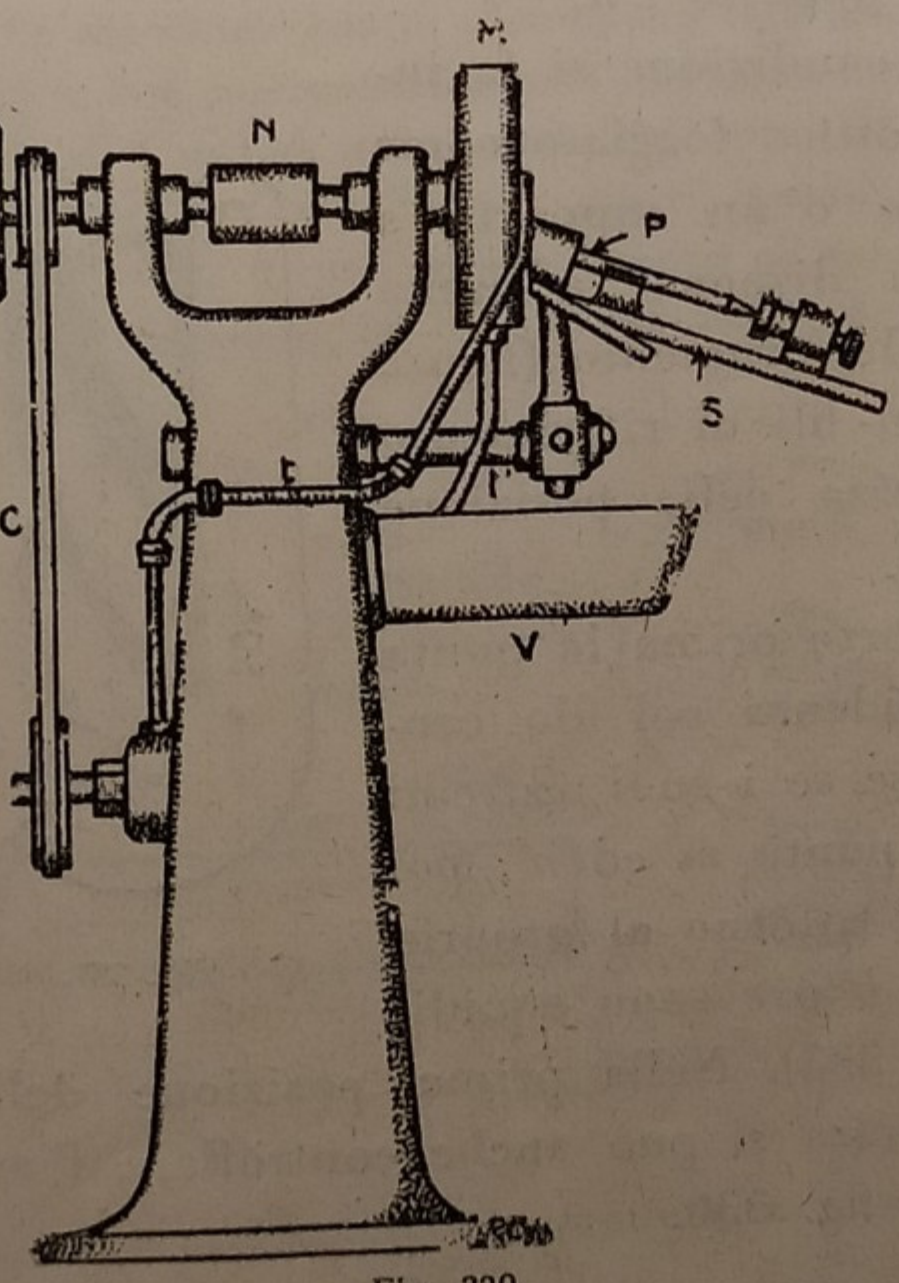


Fig. 329.

Osservando la figura 330 che mette in evidenza le particolarità costruttive

d'una punta ad elica, si vede che essa deve essere affilata in modo che siano rispettate le seguenti condizioni:

1° - *che gli spigoli elicoidali abbiano un angolo di spoglia* (circa 6°);

2° - *che gli spigoli obliqui* a b *e* c d *abbiano la stessa lunghezza, siano simmetrici rispetto all'asse e formino con questo un angolo di* 59° (giacchè debbono formare tra loro l'angolo di affilatura di 118°);

3° - *che lo spigolo di fondo* b c *sia perpendicolare all'asse* o *dell'utensile, formi col piano assiale* m n *un angolo di* 55° *e sia diviso per metà dall'asse* o.

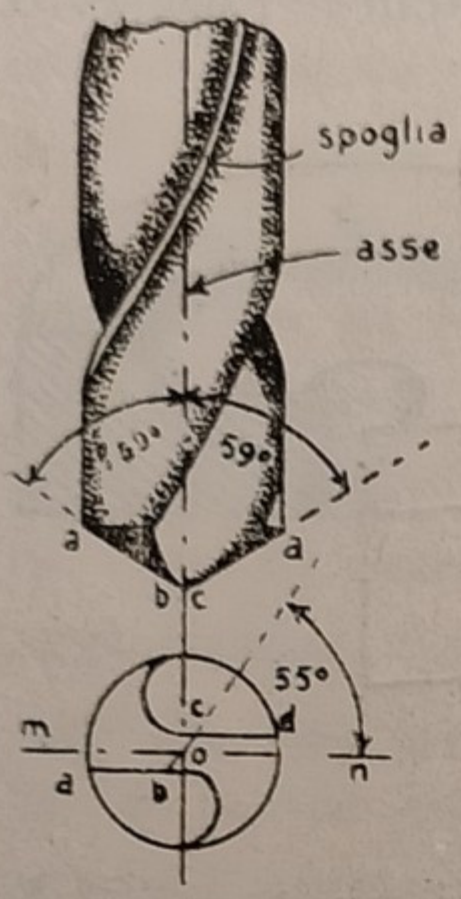


Fig. 330.

La verifica della seconda condizione si fa generalmente con una squadra del tipo illustrato dalla fig. 331, osservando se i suoi lati interni coincidono col fianco *f* della punta e collo spigolo obliquo *a b*. La lunghezza di questo, letta sulla graduazione millimetrica *G*, deve risultare uguale a quella letta per lo spigolo opposto *c d*.

La verifica dell'ultima condizione si fa invece con uno strumento ottico foggiato come un cannocchiale e munito d'un supporto a squadra retta sul quale si dispone la punta elicoidale. L'oculare di tale strumento (figura 332) è munito di sottilissimi fili di riferimento per poter stimare l'esattezza della posizione dello spigolo di fondo *B C*.

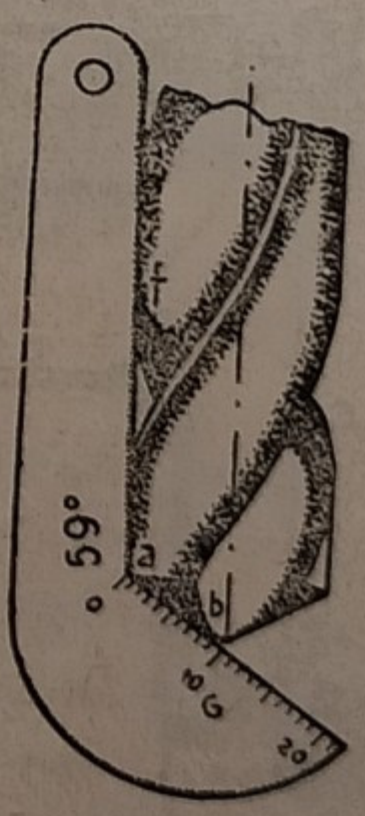


Fig. 331.

A tale scopo basta disporre prima la punta con detto spigolo in coincidenza col filo centrale (fig. 332) ed osservare se i suoi estremi risultano equidistanti dai punti *m* ed *n*; poi si fa girare la punta di 90° attorno al proprio asse e si osserva se i punti *b* e *c* sono equidistanti dal filo centrale (fig. 333). Nella prima posizione della punta sul supporto a squadra si può anche controllare l'angolo di 55° illustrato dalla fig. 330.

Rettificatrici. Altre macchine che hanno come utensile lavorante una mola sono le *rettificatrici*. Esse servono a fare la cosiddetta *rettifica*, che consiste nel perfezionare, sia nella forma che nelle dimensioni, le superfici di pezzi d'acciaio ordinario o speciale, specialmente se sottoposti alla cementazione o alla tempera. Questa operazione si rende necessaria soprattutto per eliminare le variazioni di volume e di forma prodotte da tali trattamenti ed è sempre un'operazione difficile e delicata, perchè si tratta di asportare dalla superficie dell'oggetto uno strato di soprametallo variabile da $^1/_{10}$ di millimetro a non più di un millimetro, con passate così sottili da non potersi apprezzare ad occhio (pochi centesimi di millimetri), e perchè si richiedono gradi di precisione assai elevati.

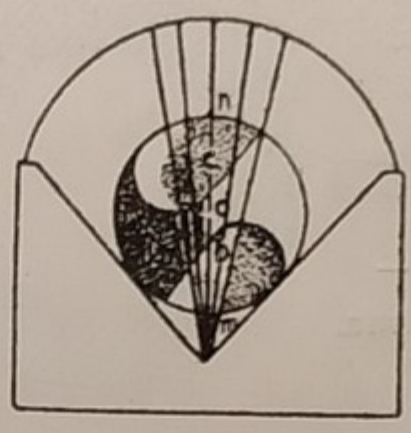


Fig. 332.

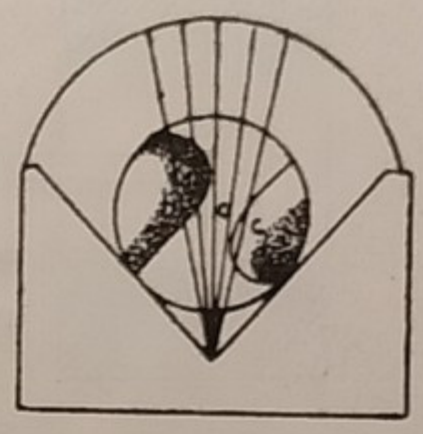


Fig. 333.

Le macchine adatte a compiere tale lavoro sono perciò dotate di dispositivi a vite micrometrica che permettono di dare alla mola profondità di taglio dell'ordine dei centesimi di mm.

La rettifica si usa per alberi, perni, cuscinetti, calibri di precisione, utensili, ecc. e può essere *esterna* od *interna, cilindrica, conica, piana* o *speciale*, secondo la forma del pezzo da rettificare. Così, per esempio, quando si deve rettificare un albero motore o di trasmissione si fa la *rettifica cilindrica esterna*; quando si rettifica il calibro di un foro cilindrico si fa la *rettifica cilindrica interna*.

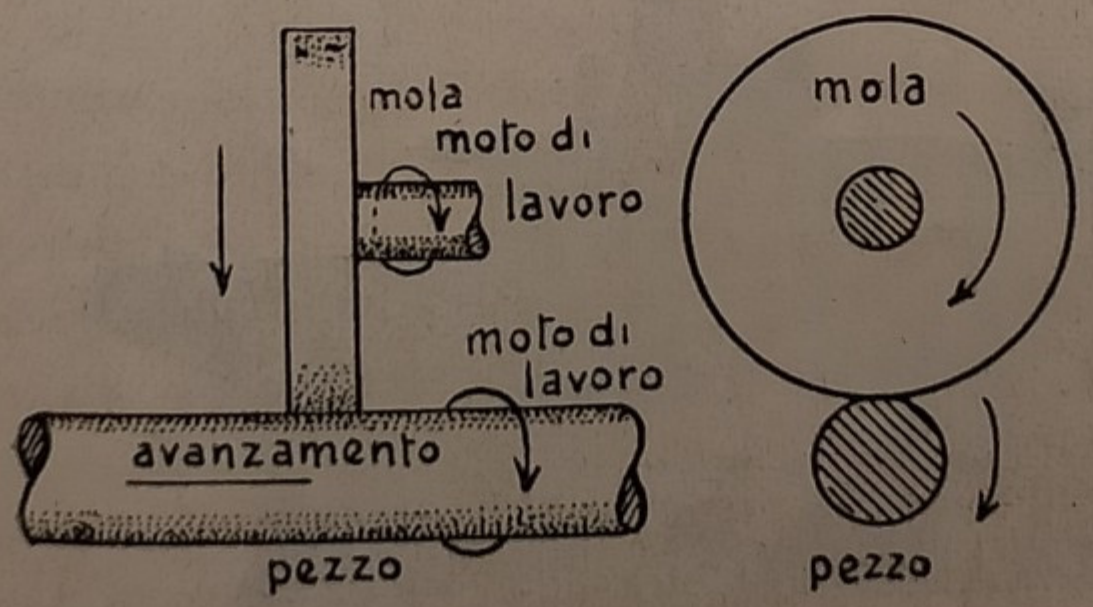


Fig. 334.

La fig. 334 mostra come si eseguisce la rettifica di un albero. Tanto la mola che il pezzo ruotano, nel medesimo senso, attorno al proprio asse. Il moto d'avanzamento è posseduto

dal pezzo e la profondità di taglio o di passata (centesimi di mm) si ottiene spingendo la mola contro il pezzo. La rettifica interna si può eseguire in due modi: facendo ruotare il pezzo ed avanzare la mola (fig. 335) oppure tenendo il pezzo fermo e dando alla mola, oltre il moto di rotazione attorno al proprio asse, un moto di rotolamento sulla superficie da rettificare ed il moto di avanzamento, come mostra schematicamente la fig. 336. Quest' ultimo metodo si usa, per esempio, per rettificare la superficie interna dei cilindri dei motori a scoppio.

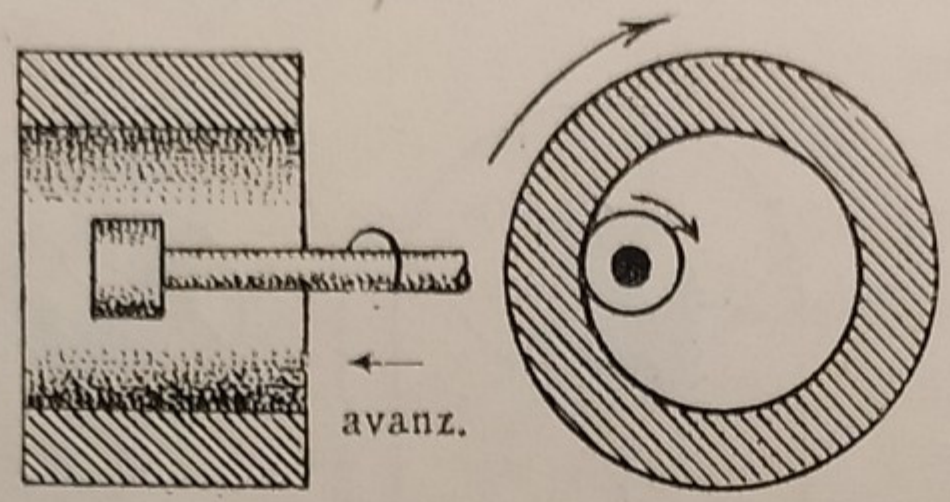


Fig. 335.

Tutte le rettifiche si eseguiscono generalmente con getto continuo di liquido refrigerante sulla superficie lavorante della mola.

A ciò provvede una apposita pompa irroratrice azionata dalla macchina stessa. La refrigerazione serve a diminuire le perdite d'energia prodotte dal riscaldamento del pezzo (le mole girano a velocità comprese tra 400 e 27000 giri al minuto) ed a tenere netta la superficie dell'utensile, asportando le particelle che tendono a depositarvisi.

Fig. 336.

La fig. 337 illustra una rettificatrice idraulica universale Landis.

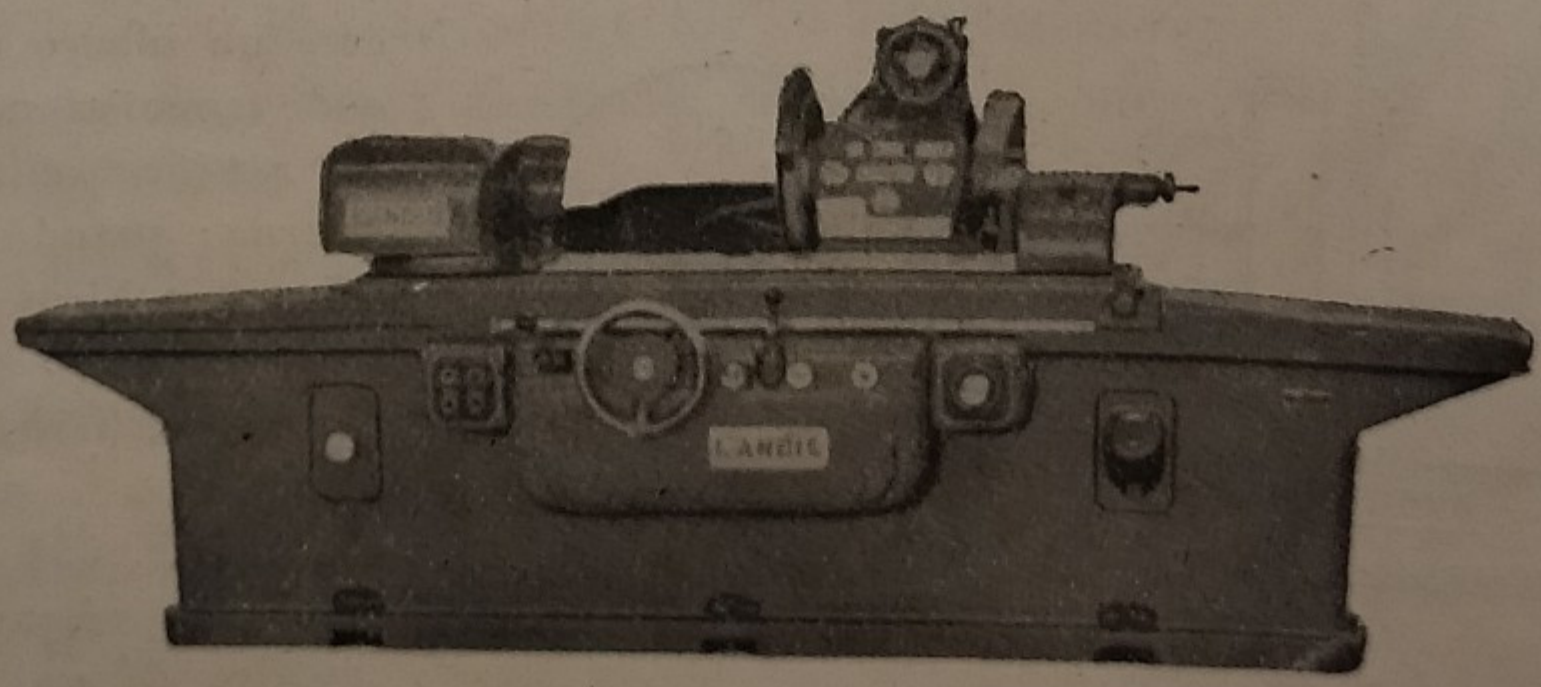


Fig 337. Rettificatrice idraulica universale Landis.

PARTE QUINTA

LABORATORIO TECNOLOGICO

§ 124. · Uso e controllo delle righe graduate.

La riga graduata di uso più frequente è il doppio decimetro (vedi pag. 159) o righetta metrica. È una riga di acciaio flessibile avente lunghezza utile compresa fra 150 e 300 mm. (fig. 338).

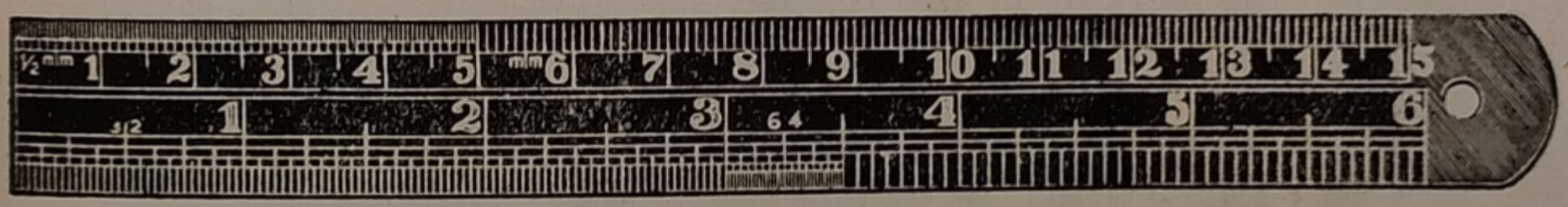


Fig. 338.

Generalmente il lembo superiore è graduato in millimetri (il primo centimetro, o i primi cinque centimetri, sono spesso graduati in mezzi millimetri) e quello inferiore in sedicesimi di pollice.

La riga deve essere priva di deformazioni e, poggiata su un piano, deve adagiarvisi perfettamente. Lo zero della graduazione deve coincidere esattamente con un estremo della riga e lo spigolo deve essere perfettamente rettilineo, con i tratti della graduazione sottili ed equidistanti.

La verifica dell' esattezza delle graduazioni delle righe metriche si fa per confronto con righe metriche campioni.

Per misurare una lunghezza con la riga graduata è necessario:

1° - disporre lo spigolo della riga parallelo alla lunghezza da misurare evitando che la riga si infletta;

2° - far coincidere esattamente lo zero della graduazione con un estremo della lunghezza da misurare.

Le frazioni di graduazione si apprezzano ad occhio. La fig. 339 da un esempio di misura con la riga graduata in pollici: si legge 5 e $\frac{4''}{16}$ e si apprezza $\frac{1''}{32}$.

La misura risulta 5 $\frac{9''}{32}$.

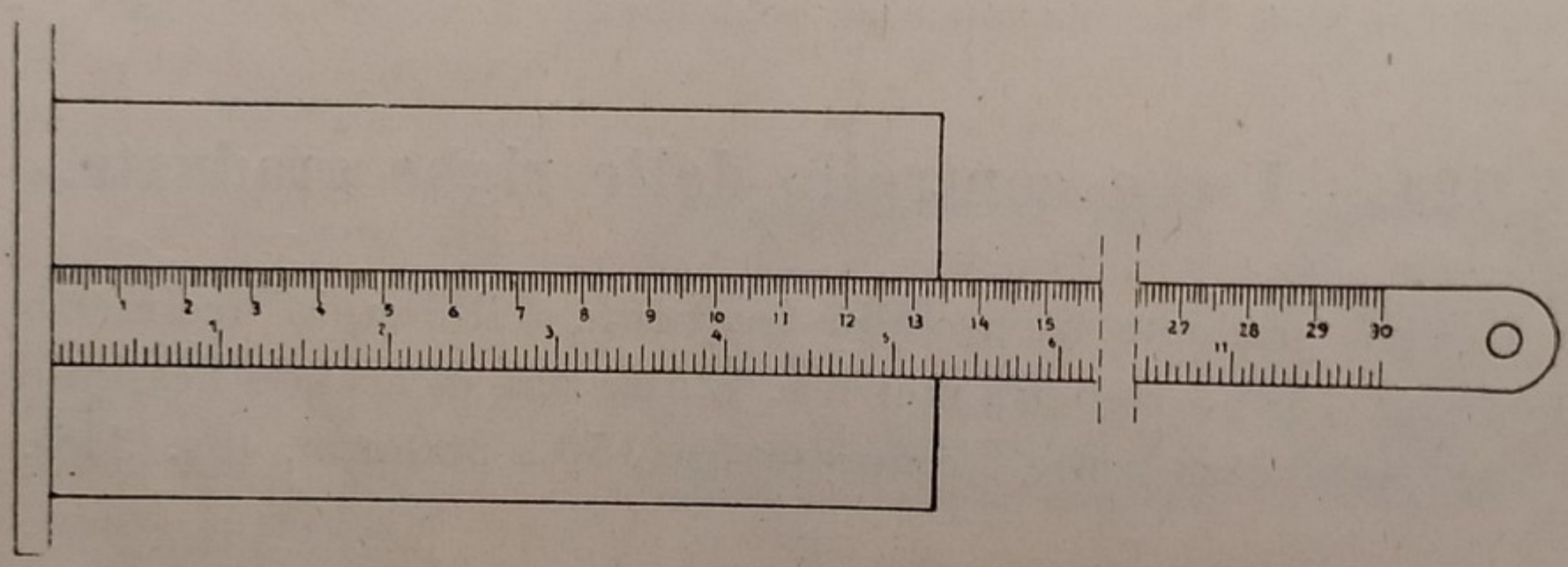


Fig. 339.

§ 125. - Uso e controllo dei compassi.

I compassi si usano per rilevare lunghezze che non possono misurarsi direttamente con la riga graduata. Essi permettono anche di confrontare tra loro due lunghezze e di apprezzarne la differenza.

I compassi devono essere di acciaio con i bracci della stessa lunghezza e le punte temperate; la forma deve essere tale da garantire leggerezza e rigidità. Nei compassi semplici la cerniera deve esercitare sui due bracci una pressione capace di consentire il movimento senza sforzo eccessivo, ma tale da mantenere il compasso ad una data apertura. Per dare al compasso semplice l'apertura richiesta si allontanano prima i bracci a mano, poi si batte leggermente il compasso in modo

da avvicinare o allontanare i bracci stessi fino ad ottenere l'apertura voluta. I compassi a molla si aprono tirando la madrevite verso la testa sferica della vite; le piccole variazioni di apertura si ottengono girando la madrevite.

Per rilevare, ad es., la distanza tra due facce piane e parallele si stringe il compasso per esterni sul pezzo in modo che i due punti di contatto, tra il pezzo e le punte del compasso, vengano a trovarsi su una normale comune alle due facce. La condizione è praticamente realizzata quando non è possibile ottenere la rotazione di una punta intorno all'altra, tenuta fissa. Si disimpegna il compasso dal pezzo facendolo scorrere, a dolce attrito, lungo le due facce, in modo che i due punti di contatto col pezzo appartengano costantemente ad una normale alle due facce. La distanza tra le due punte si misura con la riga graduata.

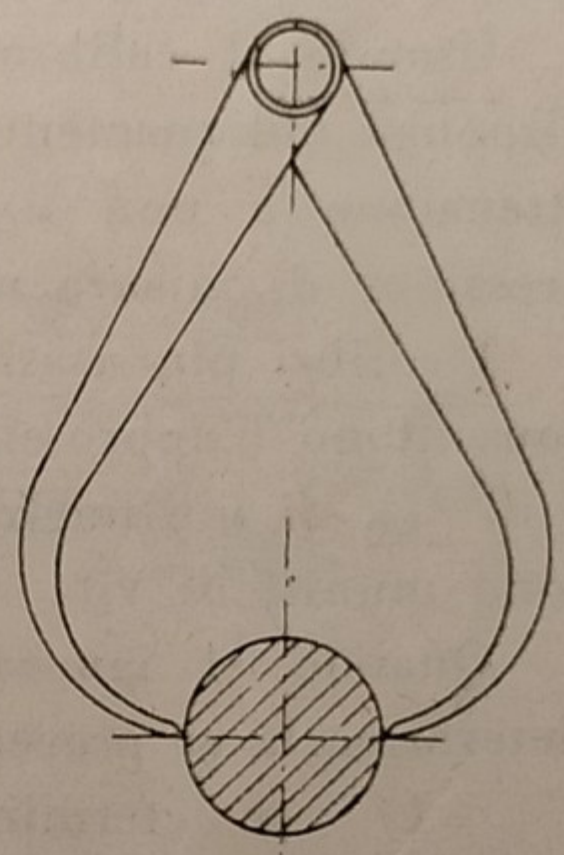


Fig. 340.

La fig. 340 illustra come si rileva la misura di un diametro per mezzo del compasso per esterni

§ 126. - Uso e controllo dei calibri a corsoio.

I calibri (o compassi) a corsoio sono strumenti di misura indicatori (vedi n. 41) che si usano per la misura delle lunghezze. Essi possono anche usarsi come calibri registrabili; in questo caso le punte vengono disposte alla distanza prestabilita che non viene modificata durante la misurazione. L'uso dello strumento come calibro registrabile porta ad un rapido consumo delle punte.

Le punte (o beccucci) del calibro devono avere le superfici di misurazione temperate, rettificate e perpendicolari al regolo fisso. Portando a contatto le punte le loro superfici interne devono combaciare perfettamente e lo zero del nonio deve coincidere con lo zero della graduazione del fisso. Anche l'ul-

tima graduazione del nonio deve coincidere con la corrispondente graduazione del fisso.

La verifica dell'esattezza delle graduazioni si esegue stringendo tra le punte un blocchetto pianparallelo e osservando se la misura letta sul calibro coincide con quella del blocchetto. La verifica si ripete con blocchetti, o gruppi di blocchetti, di spessore gradatamente crescente.

Usando il calibro è necessario evitare che lo strumento si disponga obliquamente rispetto al pezzo; inoltre bisogna fare attenzione a non danneggiare le punte e ad esercitare una pressione di misura moderata.

I calibri più usati sono quelli decimali e ventesimali che consentono l'approssimazione di misura rispettivamente di $^1/_{10}$ e di $^1/_{20}$ di millimetro. I calibri cinquantesimali e centesimali sono muniti di vite micrometrica.

Quando si ignora l'approssimazione dello strumento, per determinarla si procede nel seguente modo:

1° - si determina la lunghezza l di un tratto del fisso;

2° - si determina il numero n dei tratti del nonio;

3° - si divide l per n e si ottiene l'approssimazione

$$\left(a = \frac{l}{n}\right).$$

Esempio 1. - Lunghezza di un tratto del fisso $l = 0{,}5$ mm; numero dei tratti del nonio $n = 25$. L'approssimazione risulta: $a = 0{,}5 : 25 = \frac{1}{50}$ di mm.

Esempio 2. - Lunghezza di un tratto del fisso $l = \frac{1''}{16}$; numero dei tratti del nonio $n = 8$. L'approssimazione risulta: $a = \frac{1''}{16} : 8 = \frac{1''}{128}$ (circa 0,2 mm).

I calibri a corsoio si usano per misure esterne, interne e di profondità. L'uso ed il controllo del calibro di profondità non richiedono particolari chiarimenti.

§ 127. - Calibro per ruote dentate.

Serve a misurare lo spessore del dente di una ruota dentata. Lo strumento (fig. 341) è costituito da due calibri di precisione disposti ad angolo retto. Per misurare lo spessore del dente le punte del calibro orizzontale devono disporsi in corrispondenza del diametro primitivo, ciò che si ottiene fissando la linguetta (modulatore), mobile verticalmente, ad un' altezza *h* opportuna, che si segna sulla graduazione verticale.

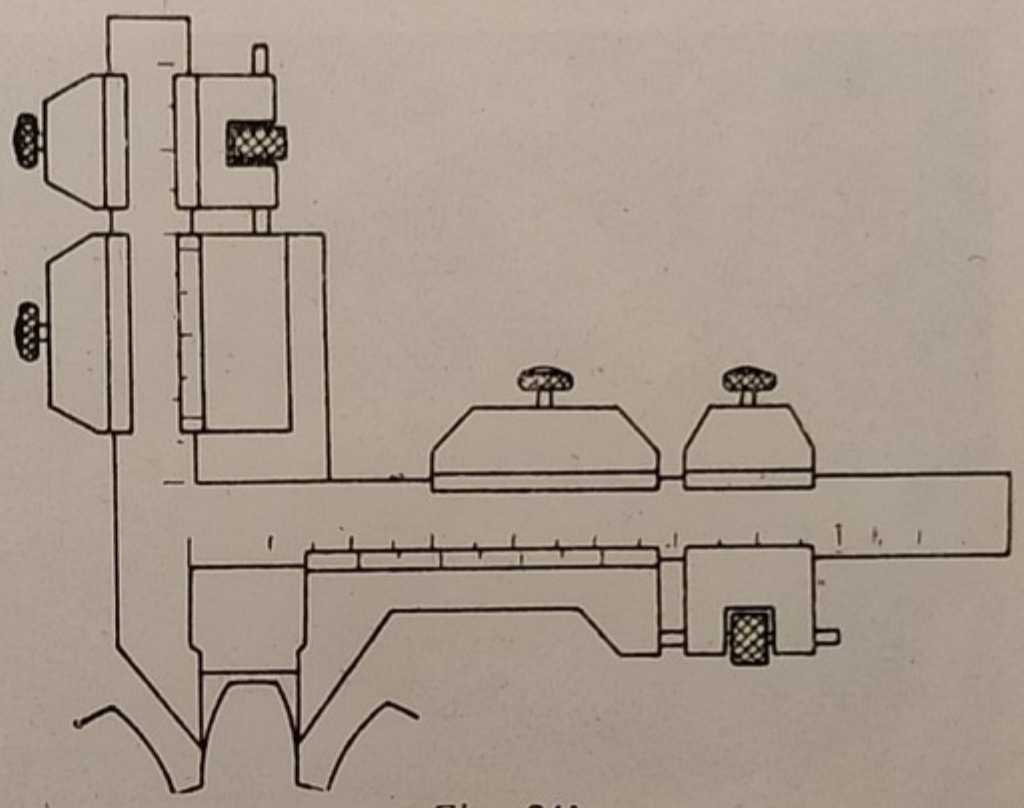


Fig. 341.

Lo spessore *s* che si misura con il calibro, non è la lunghezza dell'arco di circonferenza primitiva, ma la sua corda, e va quindi corretto per tener conto della curvatura. I valori di *h* e di *s* si determinano per mezzo di tabelle o di formule.

§ 128. Uso e controllo dei micrometri.

I micrometri sono anch' essi strumenti di misura indicatori che si usano sia per la misura diretta delle lunghezze, sia come calibri registrabili. In questo caso la vite micrometrica viene bloccata mediante la ghiera di arresto dopo che lo strumento è stato registrato per la dimensione fissa richiesta. L' uso del micrometro come calibro registrabile è da evitare perchè comporta un consumo disuguale delle superfici di contatto e può produrre deformazioni della staffa.

La vite micrometrica è una vite di precisione di acciaio inossidabile, temperata e rettificata, che ha il passo generalmente di 0,5 mm. Le superfici di contatto, di elevata durezza, devono essere perfettamente piane, parallele e normali all'asse di rotazione della vite. Alcuni micrometri sono muniti di un anello di registrazione che permette di riprendere i giuochi

dovuti al logoramento della vite. La staffa deve essere rigida e le sue deformazioni, sotto la pressione di misura, devono essere trascurabili.

Quando il micrometro 0-25 è chiuso lo zero della graduazione del lembo deve coincidere con la linea di fede del fusto graduato. Se questa coincidenza non si verifica si registra il micrometro, generalmente spostando l'incudine fissa con l'apposita chiavetta. I micrometri che hanno campo di misurazione 25-50, 50-75, ecc. si chiudono su un riscontro (a disco o a barretta) e si registrano in maniera analoga. La verifica della esattezza delle graduazioni si effettua mediante blocchetti pianparalleli.

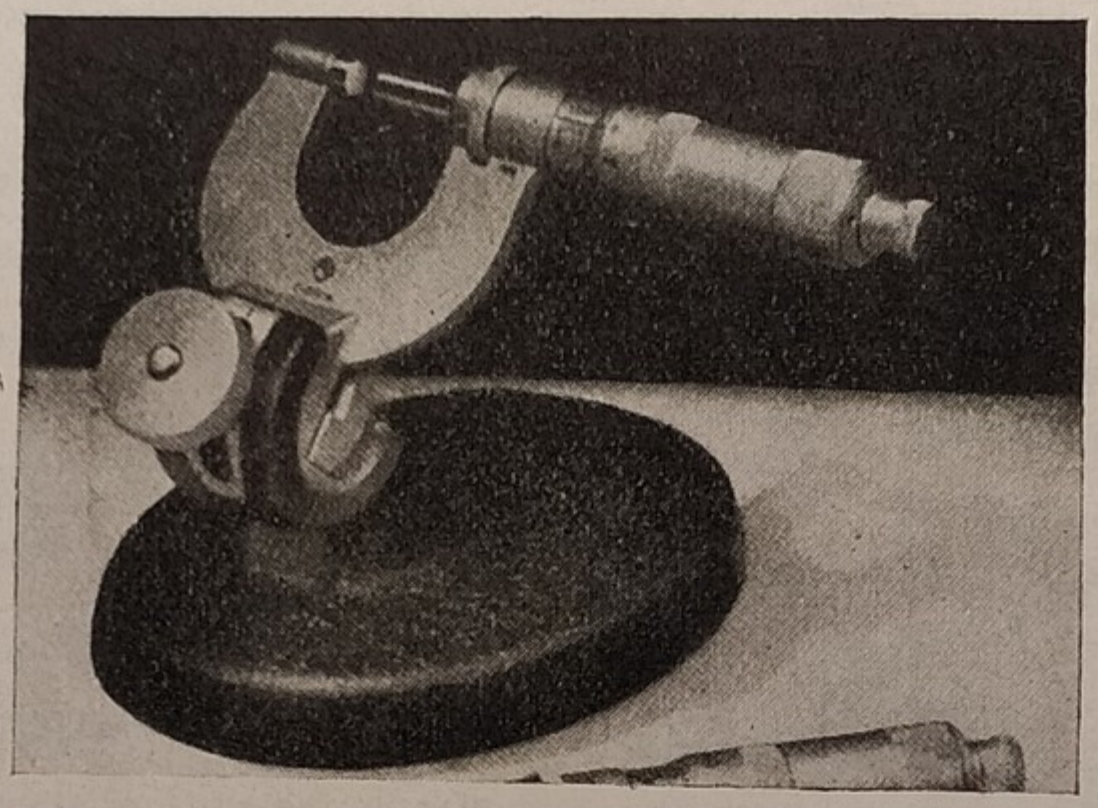


Fig. 342.

Il micrometro può impiegarsi libero o montato su apposito supporto (Fratelli Borletti - fig. 342) che ne rende l'uso più agevole e permette di evitare l'errore dovuto al calore della mano. Per stringere il pezzo da misurare servirsi sempre del dispositivo a scatto ed evitare, con la massima cura, pressioni di misura eccessive.

L'approssimazione *a* del micrometro è data dal rapporto tra il passo *p* della vite ed il numero *n* delle

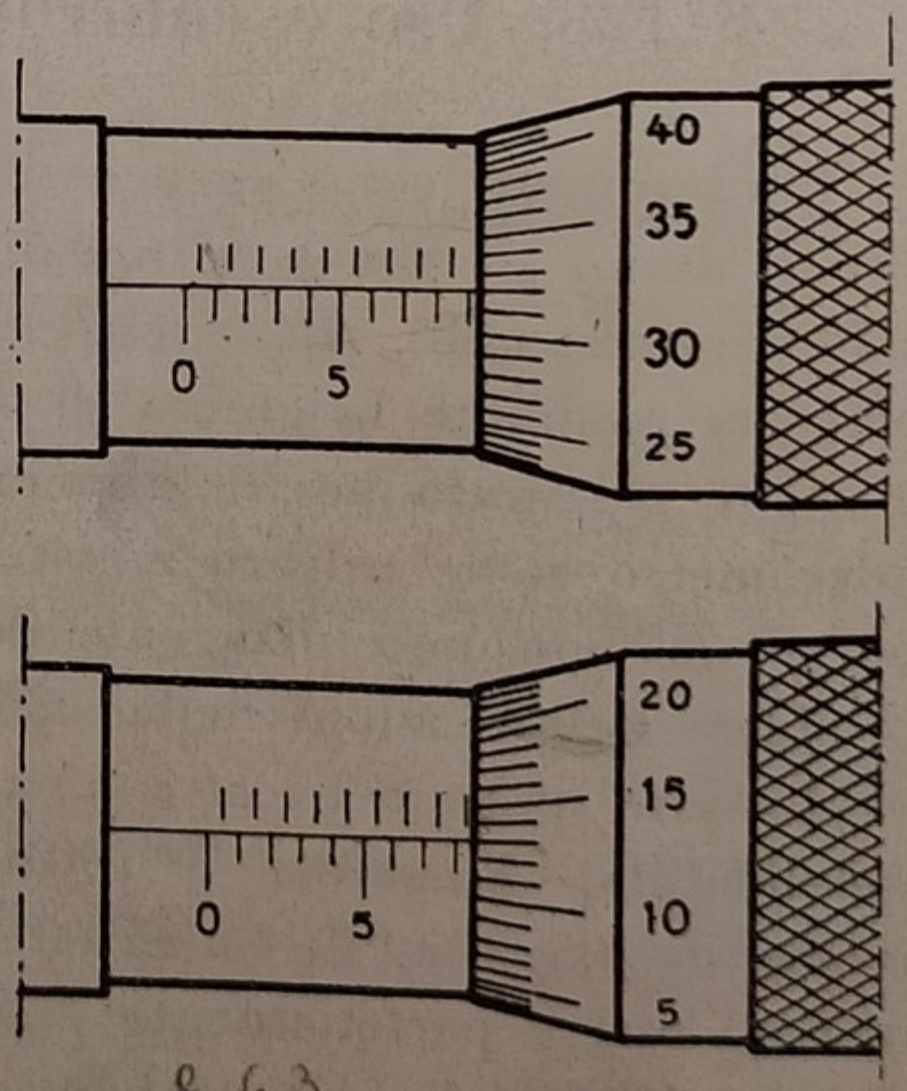


Fig. 343.

divisioni del lembo: $a = {}^{p}/_{n}$. Poichè l'approssimazione è di $^{1}/_{100}$ di millimetro ne segue che, se il passo della vite è di 1 mm il lembo è diviso in 100 parti eguali, se è di $^{1}/_{2}$ mm il lembo è diviso in 50 parti eguali. In questo caso la linea di fede, oltre alla graduazione in millimetri, porta una graduazione in mezzi millimetri; per evitare errori di lettura occorre osservare bene a quale delle due graduazioni appartiene il tratto che sta più vicino al lembo. La fig. 343 da due esempi di lettura. Nell'esempio *a*) si legge: 9,32 mm (9 mm. sulla linea di fede e 32 centesimi sul lembo); nell'esempio *b*) si legge: 8,63 mm (8,5 mm sulla linea di fede e 13 centesimi sul lembo).

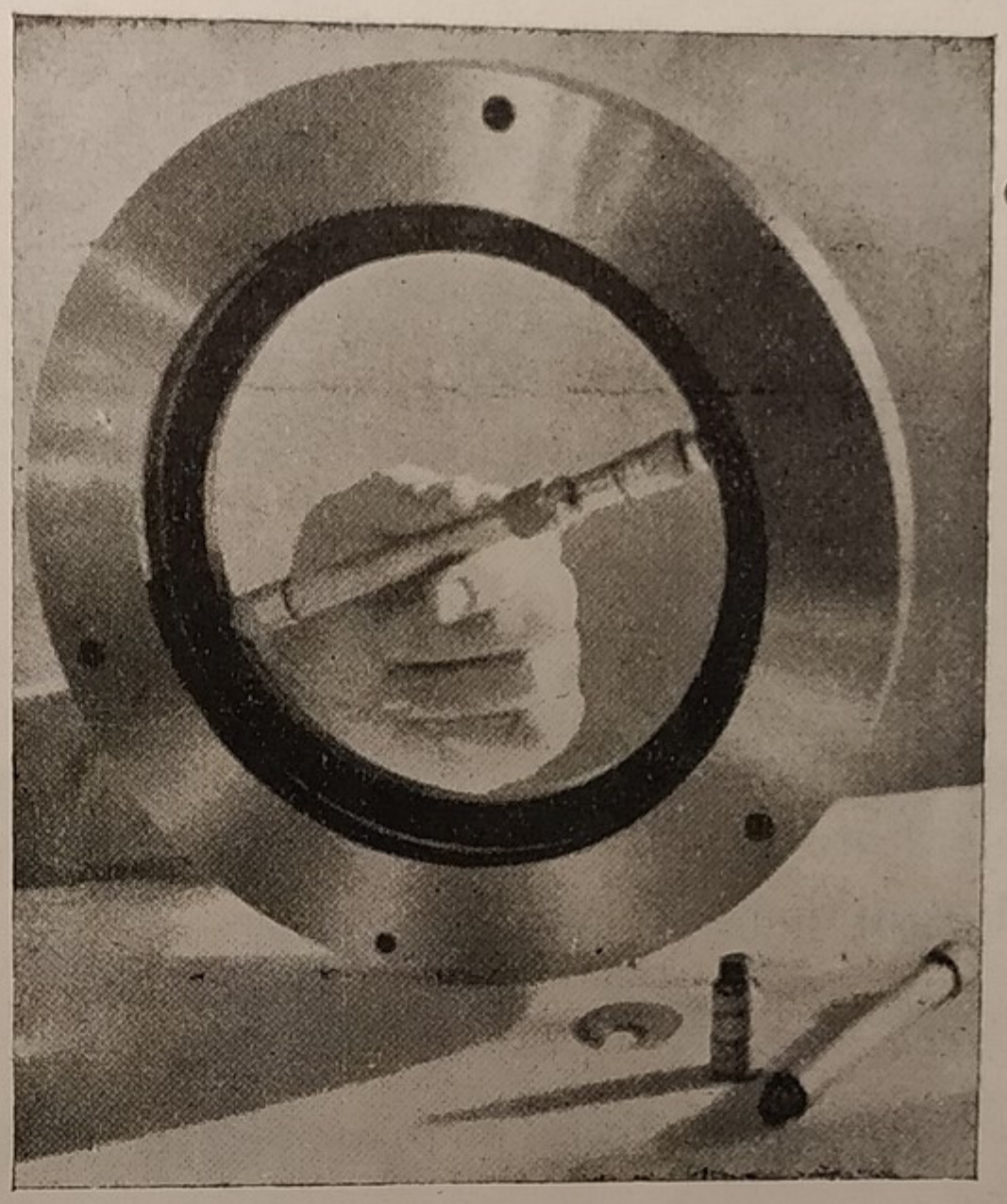


Fig. 344.

I micrometri si usano per misure esterne, interne (fig. 344) e di profondità. Il micrometro per interni si controlla mediante un calibro ad anello.

§ 129. - Uso e controllo del goniometro.

Il goniometro è stato già descritto a pag. 163. L'angolo — formato dallo spigolo della riga *R* (fig. 120) con lo spigolo del braccio *A* — si legge tra lo zero del cerchio graduato e lo zero del nonio. Generalmente il nonio (fig. 345) ha una graduazione doppia con lo zero al centro e consente l'approssimazione di 5′: $a = \frac{l}{n} = \frac{1°}{12} = \frac{60'}{12} = 5'$.

Nella figura si legge l'angolo 63° 20′ (63° sul cerchio graduato e 20′ sul nonio). Il controllo dell'esattezza delle graduazioni di un goniometro si effettua per confronto con un gonio-

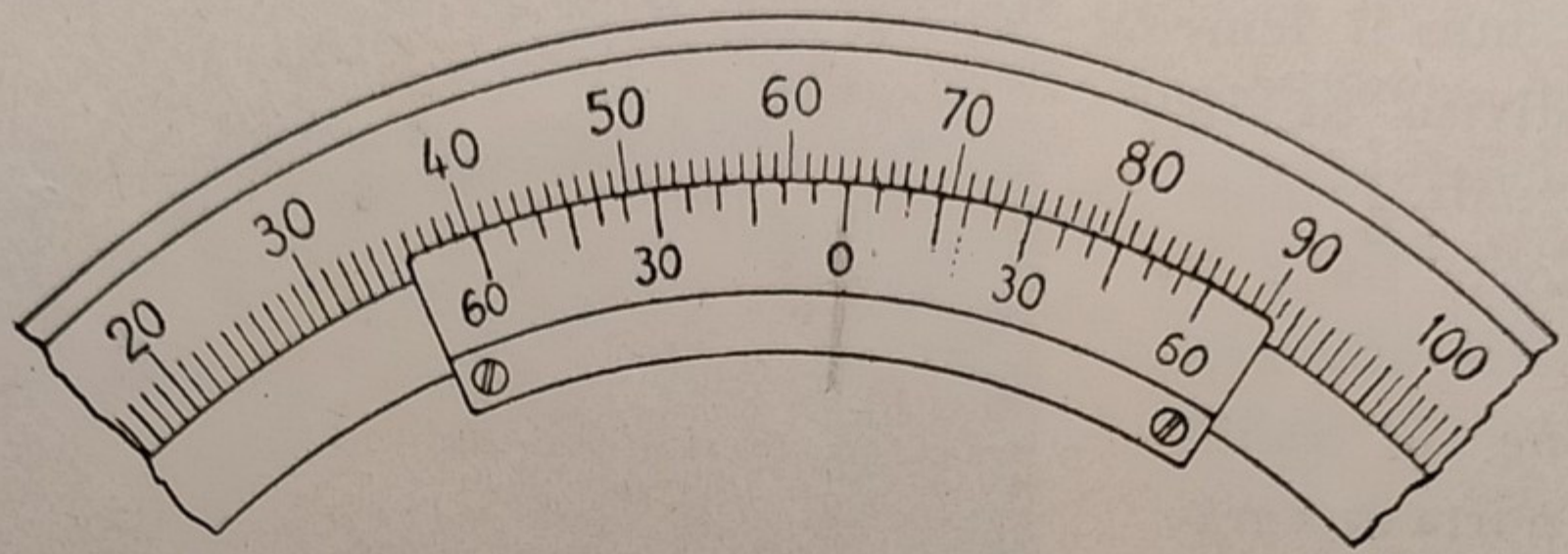


Fig. 345.

metro (ottico) campione. Si misurano vari angoli e si osserva se le letture del goniometro da verificare coincidono con quelle del goniometro campione.

§ 130. - Uso e controllo del comparatore.

Il comparatore centesimale ad orologio è uno strumento di misura indicatore; esso è stato già descritto al n. 52 dove si è anche accennato ai suoi usi principali.

La corsa dell'asta sensibile è generalmente di 10 mm ed alcuni comparatori hanno un secondo quadrante più piccolo diviso in 10 parti eguali che indica i giri completi della lancetta, ossia i millimetri interi. Il comparatore può essere fornito di due indici *A* e *B* spostabili (fig. 181 pag. 203) per segnare i limiti di tolleranza quando si controllano pezzi lavorati in serie. Per far coincidere la lancetta con lo zero della scala (azzeramento) si ruota il quadrante, che ha il bordo esterno zigrinato, rispetto alla lancetta (in alcuni strumenti si fa invece ruotare la lancetta rispetto al quadrante).

Il controllo del comparatore centesimale si effettua misurando combinazioni di blocchetti di spessore crescente di centesimo in centesimo di millimetro; se si osservano differenze si ripetono più volte le misure. Occorre anche verificare che la

pressione di misura sia costante per tutta la corsa dell'asta sensibile.

Il comparatore si usa montato su appositi supporti ed è corredato da leve ed accessori che consentono il suo impiego per il controllo di spessori (vedi n. 52), diametri esterni ed interni, profondità, macchine utensili, planarità (vedi n. 134), cilindricità.

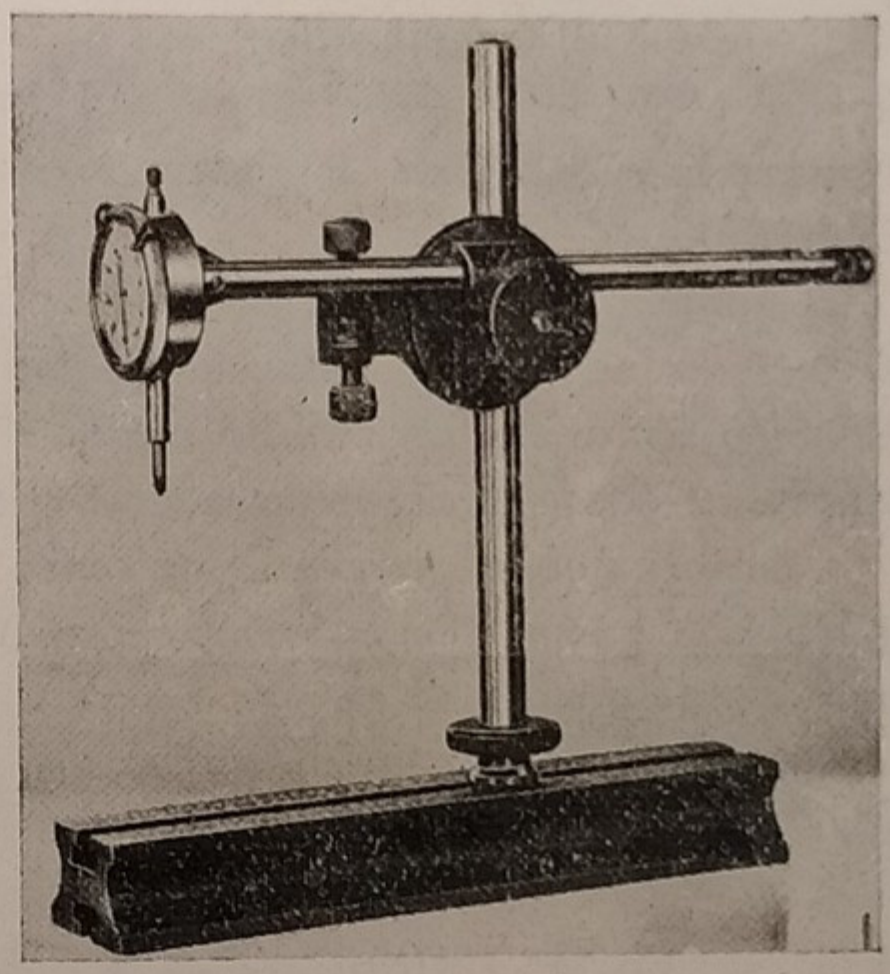


Fig. 346.

La fig. 346 illustra il supporto universale (S. A. Fratelli Ravedati - Torino).

Vi sono anche comparatori che permettono di leggere spostamenti dell'asta sensibile di $^1/_{500}$ e di $^1/_{1000}$ di mm.

§ 131. - Uso e controllo dei calibri fissi differenziali.

I calibri fissi differenziali servono a controllare rapidamente i pezzi prodotti in serie (vedi n. 52). Ogni calibro differenziale presenta nn lato *passa* ed un lato *non passa* che hanno, rispettivamente, dimensioni all'incirca eguali a quelle limiti ammesse per i pezzi.

I calibri vengono costruiti con tolleranze da *IT* 2 a *IT* 5 (vedi n. 50) e consentono di ottenere lunghezze comprese tra due valori che differiscono tra loro anche di pochi micron.

La *dimensione di misura* di un calibro deve misurarsi alla temperatura di riferimento di 20° e con pressione di misura zero, o riducendo i risultati alla pressione di misura zero (per evitare le deformazioni dovute alla pressione).

Come *dimensione di misura di lavoro* di un calibro a forchetta si assume quella del riscontro sul quale esso scorre sotto un carico opportuno (carico di lavoro). In tal modo si viene a sostituire la misura interna con una esterna, che si può realizzare con maggiore precisione.

Il *carico di lavoro*, per i calibri a forchetta piccoli, è di regola eguale

al peso proprio del calibro; per quelli grandi è minore del peso proprio e viene indicato sul calibro stesso. Per i calibri per fori non si prevedono riscontri in quanto essi dovrebbero avere la forma di calibri a forchetta che, a loro volta, dovrebbero essere controllati mediante riscontro. I calibri devono avere le superfici di misura indurite e con alto grado di uniformità e levigatezza; quelli a forchetta devono essere quanto più rigidi e leggeri è possibile.

Il controllo dei calibri di forma prismatica o con superfici di misura sferiche o cilindriche (blocchetti, calibri per fori) si effettua generalmente con comparatori a leva (minimetri) e blocchetti; i calibri a forchetta vengono controllati mediante riscontri o blocchetti.

I calibri devono essere usati senza sforzo e verificando, periodicamente, che il lato *passa*, che si logora in seguito all'uso, non presenti un logoramento inammissibile. Ad es.. prima di usare un calibro a forchetta, occorre verificare che il suo lato *passa* non scorre. sotto il carico di lavoro stabilito, sul riscontro passa logoro.

§ 132. - Qualità delle superfici.

Le superfici si distinguono. secondo il grado di uniformità e levigatezza, in:

1° - *grezze*: ottenute senza asportazione di trucioli;

2° - *lavorate*: ottenute con asportazione di trucioli.

Una superficie, grezza o lavorata, può essere successivamente *trattata* (cementata, ricotta, nitrurata, ecc.) o rivestita (metalizzata, verniciata, ecc.).

Per le superfici grezze, che possono essere grezze comuni o grezze lisce, non è previsto alcun sopraметallo, mentre, per le superfici che dovranno essere lavorate, a mano od a macchina, è necessario prevedere un sopraметallo adeguato. Le superfici lavorate possono essere: *sgrossate*, *finite d'utensile*, *rettificate*, *speculari*.

Sui disegni tecnici la qualità delle superfici viene indicata mediante segni [1]). Le superfici grezze comuni sono senza segno, quelle grezze lisce hanno il segno $\underline{\simeq}$ e quelle lavorate hanno da uno a quattro $\underline{\nabla}$:

---

[1]) Progetto UNI.

▽ Superficie sgrossata d'utensile, ottenuta con una o più passate di sgrossatura, e sulla quale le tracce dell'utensile sono chiaramente visibili.

▽▽ Superficie finita d'utensile, ottenuta con una o più passate di finitura, e sulla quale le tracce dell'utensile sono ancora visibili.

▽▽▽ Superficie rettificata, ottenuta con una o più passate di finitura accurata, senza tracce visibili di lavorazione.

▽▽▽▽ Superficie speculare, ottenuta mediante lavorazione accuratissima.

Il controllo di un pezzo, durante o dopo la lavorazione, deve essere effettuato con strumenti e metodi adeguati alla qualità delle superfici che lo limitano, sia per evitare un eccessivo ed inutile logoramento degli strumenti, sia perchè alla maggiore regolarità delle superfici corrispondono errori (elementari e dimensionali) di minore entità.

Per misurare un pezzo si potrà, ad es., usare la riga graduata se esso ha superfici ▽, il calibro a corsoio se ha superfici ▽▽, il micrometro oppure il comparatore se ha superfici ▽▽▽.

I pezzi lavorati con tolleranze assai ristrette avranno superfici con grado elevato di uniformità e levigatezza ma, quando sia richiesto da esigenze di funzionamento, anche un accoppiamento grossolano potrà realizzarsi con superfici finite d'utensile o anche rettificate.

§ 133. - Misurazione degli errori elementari e collaudo dei pezzi.

La misurazione degli errori elementari e dimensionali di un pezzo si effettua sia durante la lavorazione, per portare il pezzo stesso alla forma ed alle dimensioni richieste, sia all'atto del collaudo, quando cioè si deve accertare se il pezzo possiede tutti i requisiti richiesti per la sua utilizzazione.

Gli errori di dimensione si rilevano con gli strumenti di misura di cui si è detto precedentemente; rimane da trattare

la misurazione degli errori elementari di cui si è soltanto fatto cenno nei n. 55 e 56.

§ 134. - Errori di forma.

Errore di rettilineità. È definito dalla differenza di forma tra la linea ottenuta (spigolo o generatrice del pezzo) e la retta geometrica. Il controllo della rettilineità si può effettuare con una riga campione, osservando la fessura luminosa che si manifesta dove gli spigoli non sono a contatto. Si può anche appoggiare lo spigolo sul piano di riscontro e traguardare la fessura luminosa.

Errore di planarità. È definito dalla differenza di forma tra la faccia ottenuta ed il piano geometrico.

Il controllo della planarità si effettua comunemente appoggiando sulla superficie un guardapiano o lo spigolo di una riga campione. In pratica si usa spesso lo spigolo di una squadra che di solito viene appoggiato successivamente in vicinanza degli orli e lungo le diagonali della superficie da controllare. Con questo metodo si possono ottenere risultati soddisfacenti soltanto se si ha cura di conservare in ottime condizioni lo spigolo campione.

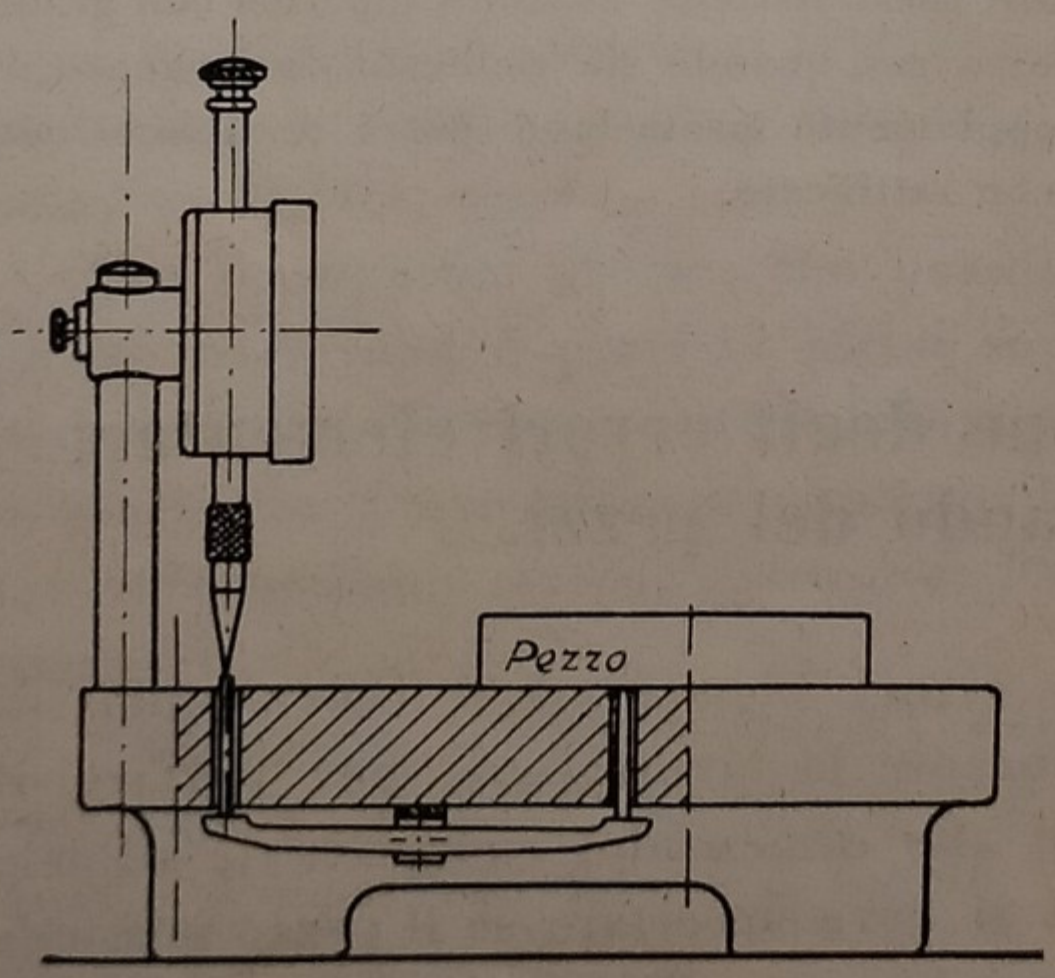


Fig. 347.

Un controllo più preciso può effettuarsi col piano di riscontro spalmato di colore.

Il colore, che può essere bleu di Prussia, minio, ecc., viene distribuito uniformemente sulla superficie campione. Si fa scorrere il pezzo sul piano e le parti sporgenti risultano macchiate. Il velo di colore deve

essere tanto più leggero quanto maggiore è la precisione richiesta.

Controllo della planarità con il comparatore. La superficie da controllare viene appoggiata su un piano forato (fig. 347). Un perno attraversa il foro e tocca con l'estremità superiore la superficie da controllare; l'estremità inferiore del perno poggia su una leva a bracci eguali che trasmette il movimento alla punta sensibile del comparatore. Facendo scorrere la superficie sul perno, in modo da esplorare tutti i suoi punti, la lancetta del comparatore si sposta e indica gli errori.

Controllo della planarità con vetro pianparallelo. Il vetro pianparallelo è un disco di vetro ottico a facce perfettamente piane. Se il vetro pianparallelo viene sovrapposto inclinato ad una superficie speculare (se la superficie non è molto regolare non si rilevano frange d'interferenza) si vedono apparire righe oscure separate da righe luminose (frange d'interferenza). La superficie osservata è piana se le righe risultano diritte e parallele. La fig. 348 illustra l'aspetto di una superficie osservata con il vetro pianparallelo: *a*) e *b*) superficie piana; *b*) e *c*) superficie irregolare.

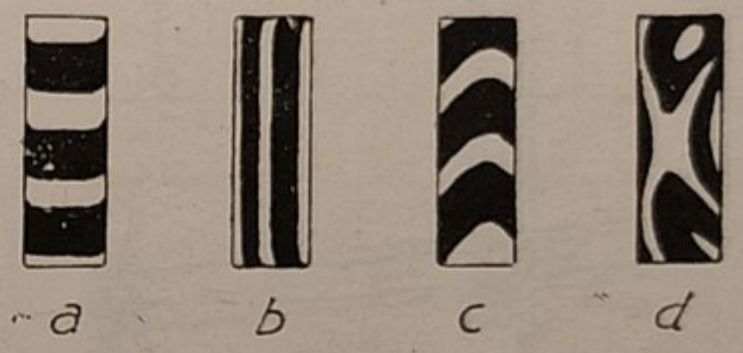


Fig. 348.

§ 135. - Errori di posizione.

Errore di parallelismo. È l'errore che si riscontra in un pezzo quando due facce non risultano, come dovrebbero, parallele.

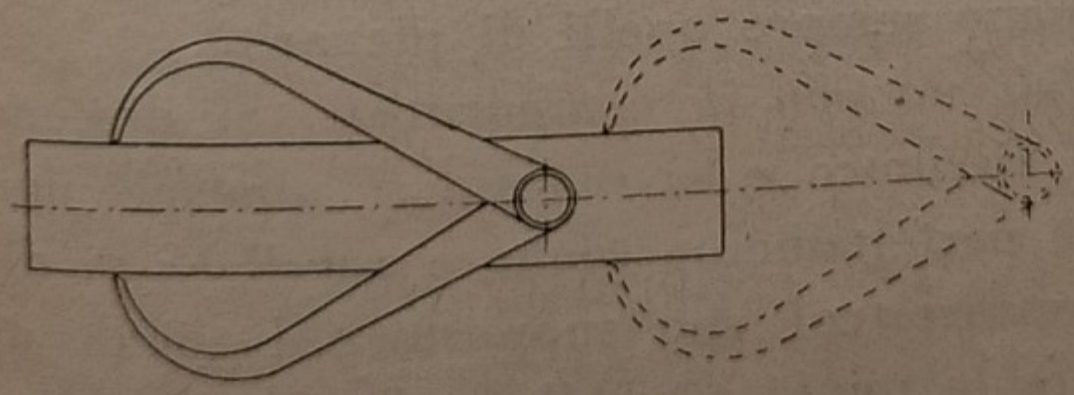


Fig. 349.

Il controllo del parallelismo si effettua comunemente con il compasso a spessore, se le facce sono esterne, e con il compasso per interni, se le due facce appartengono ad un foro.

Si stringono i bracci del compasso per esterni (fig. 349) in

modo che le punte esercitino una lieve pressione sulle due facce del pezzo. Il parallelismo si ritiene realizzato se non si sente variare la pressione dei bracci mentre si fa scorrere il compasso in modo che i due punti di contatto col pezzo appartengano costantemente ad una normale alle due facce.

Analogamente si procede, col compasso per interni, alla verifica del parallelismo di due facce appartenenti ad un foro.

Il parallelismo può anche controllarsi con un calibro a corsoio, misurando in diversi punti la distanza tra le due facce.

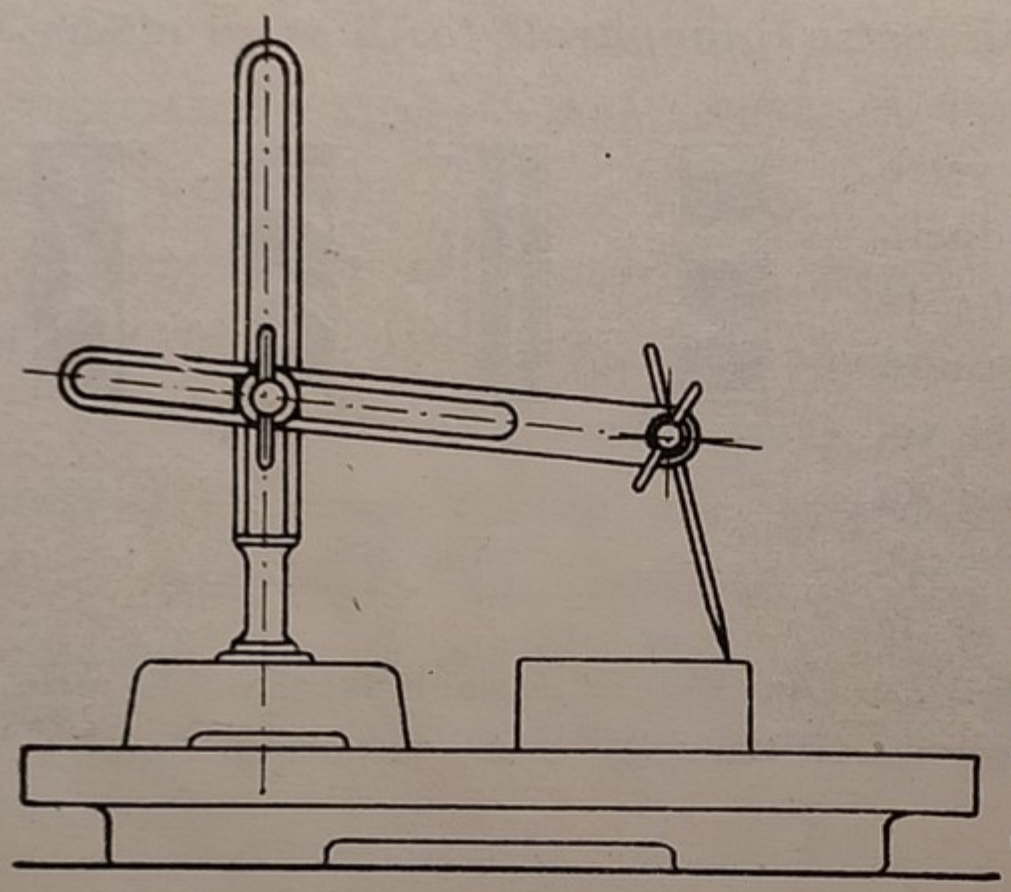


Fig. 350.

Per effettuare il controllo con il piano di riscontro ed il graffietto si poggia sul piano una delle facce e sull'altra si fa scorrere la punta del graffietto (fig. 350). Le variazioni del rumore prodotto dalla punta nello strisciare consentono di valutare l'errore. Questo metodo di controllo si usa quando le facce del pezzo sono state lavorate verificandole col piano di riscontro.

Se le superfici sono rettificate, o almeno lavorate al piano di riscontro, il controllo del parallelismo può effettuarsi mediante il micrometro, misurando in vari punti la distanza tra le due facce.

Con tutti i procedimenti che abbiamo descritto agli errori di parallelismo si sommano sempre quelli di planarità.

Controllo del parallelismo con il comparatore. Si dispone il pezzo sul piano di riscontro e su di esso si appoggia una piastra avente due facce perfettamente piane e parallele. Si dispone quindi il comparatore col suo supporto sul piano di riscontro e si fa scorrere la punta sensibile sulla faccia superiore della piastra (fig. 351). Gli spostamenti della lancetta del comparatore indicano l'errore.

Controllo del parallelismo con la livella. Se le superfici

sono sufficientemente estese il controllo del parallelismo si può effettuare con una livella di precisione. Si dispone il piano di riscontro perfettamente orizzontale, poi vi si appoggia il pezzo e su questo si pone la livella. La deviazione della bolla indica l'errore di parallelismo.

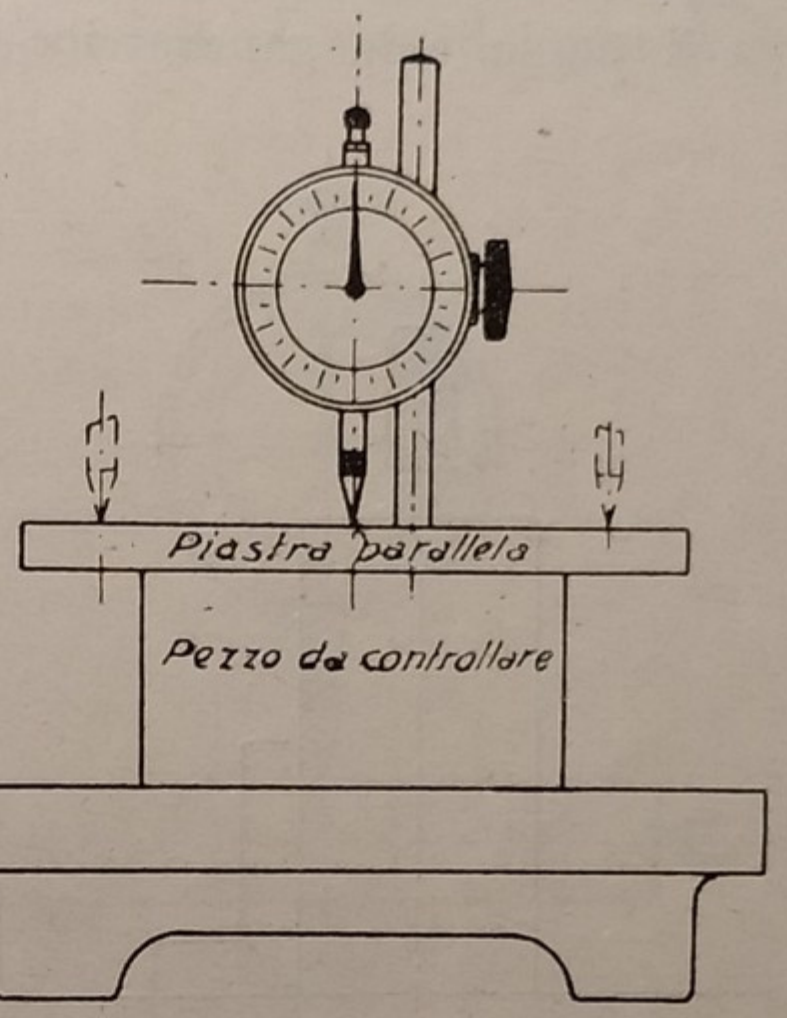


Fig. 351.

Errore di normalità. È l'errore che si riscontra in un pezzo quando due facce formano un angolo diedro che non misura, come dovrebbe, esattamente 90°.

Il controllo della normalità si effettua generalmente mediante una squadra campione osservando la fessura luminosa tra squadra e pezzo. Per comodità si può operare sul vetro smerigliato di una cassetta luminosa [1]).

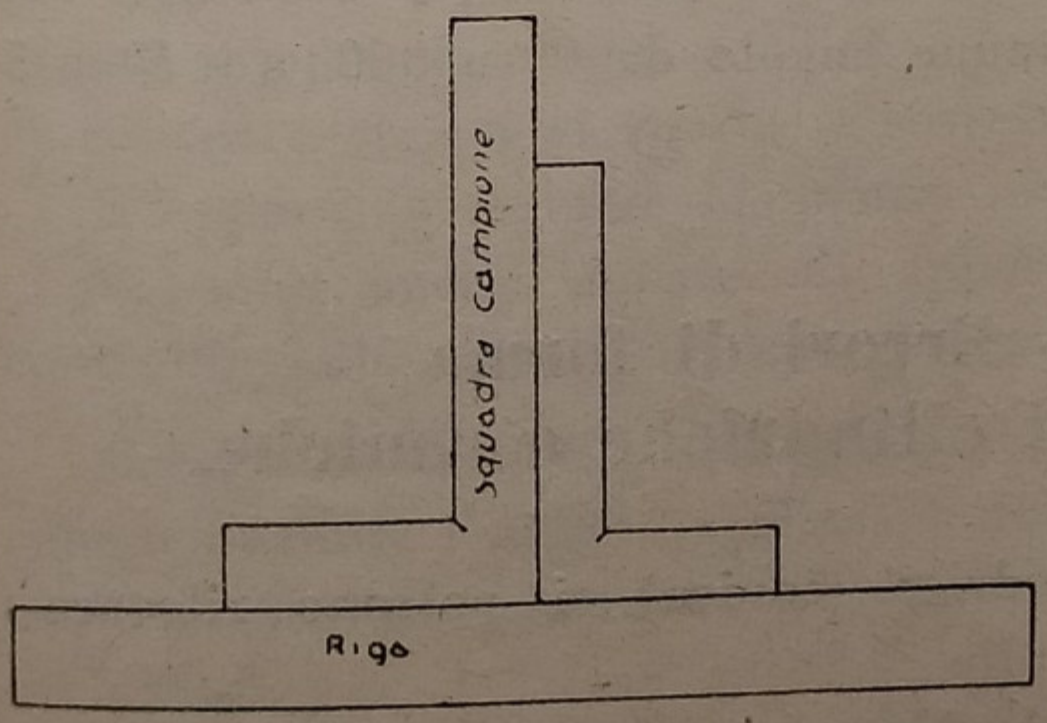


Fig. 352.

Si possono anche disporre il diedro retto da controllare e la squadra campione sul piano di riscontro e farli scorrere, premendoli tra loro, sulla riga ricoperta di un leggero velo di colore. Se la faccia del pezzo da controllare su cui sfrega la riga risulta colorata in prossimità della squadra campione l'angolo è minore di 90°; se invece risulta colorata l'estremità lontana l'angolo è maggiore di 90° (fig. 352).

[1]) La cassetta luminosa viene frequentemente usata per controllare il profilo dei pezzi mediante sagome di lamiera, per il controllo di incastri, ecc.

Controllo di normalità con cilindro campione. Si porta il pezzo da controllare sul piano di riscontro sul quale è appoggiato il cilindro campione e si osserva la fessura luminosa tra il pezzo e la generatrice del cilindro (fig. 353).

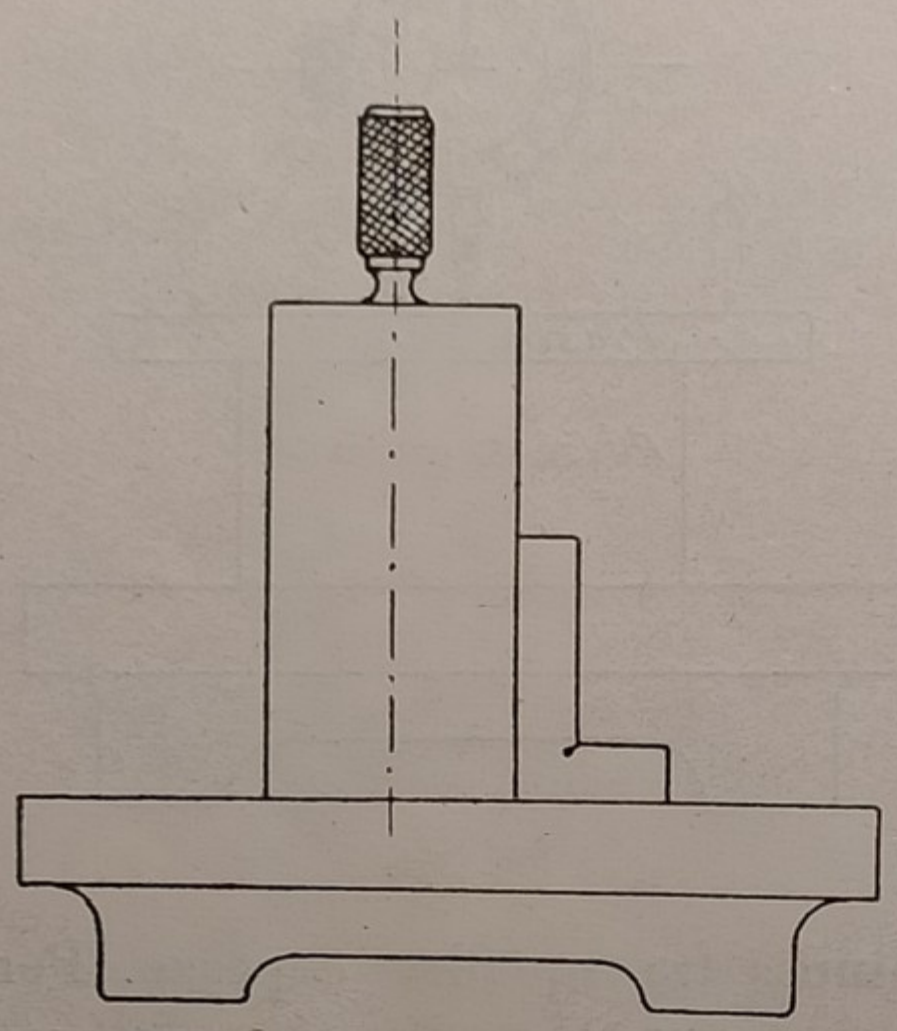


Fig. 353.

Errori angolari. Il controllo degli angoli diedri di ampiezza qualsiasi si effettua generalmente mediante goniometri muniti di nonio oppure, con maggior precisione, mediante goniometri ottici.

Se, in particolare, l'angolo misura 120° il controllo può effettuarsi mediante la squadra a 120°.

Vi sono anche scatole di calibri angolari (blocchetti di riscontro per angoli simili ai blocchetti pianparalleli), combinabili a coppie, che permettono di costruire, con notevole precisione qualunque angolo da 0° a 360° (di 5′ in 5′ ovvero di 1′ in 1′).

§ 136. - Errori di forma delle superfici cilindriche e coniche.

In una superficie cilindrica (conica) si possono rilevare i seguenti errori di forma:

1° - errore di circolarità;
2° - errore di cilindricità (di conicità);
3° - errore di rettilineità delle generatrici.

Errore di circolarità. È l'errore che si riscontra in un pezzo quando una sezione normale all'asse non risulta, come dovrebbe, circolare.

Il controllo si effettua facendo ruotare il pezzo, cilindrico o conico, intorno al proprio asse, sotto la punta di contatto di un comparatore (fig. 354). Si suppone che l'asse del pezzo sia rettilineo.

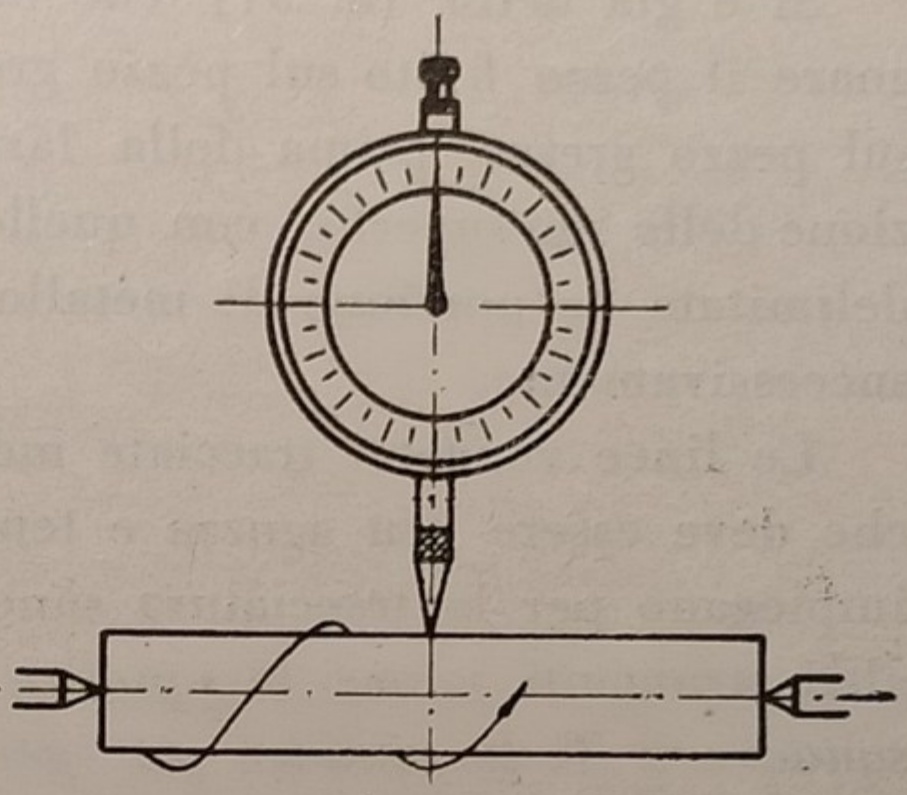


Fig. 354.

Errore di cilindricità. È l'errore che si riscontra in un pezzo quando i diametri, misurati lungo la stessa sezione assiale, non risultano, come dovrebbero, eguali.

L'errore è dato dalla massima differenza di diametro rilevabile sul pezzo e dipende dagli errori di parallelismo e rettilineità delle generatrici appartenenti alla sezione assiale considerata. Il controllo si effettua generalmente misurando il diametro in varie sezioni normali all'asse mediante il micrometro.

Controllo con il comparatore. Si fa scorrere la punta di contatto del comparatore lungo una generatrice del pezzo posto su una coppia di prismi a V che poggiano sullo stesso piano di riscontro su cui si sposta il sostegno del comparatore.

È opportuno ripetere la misura invertendo i prismi.

Vi sono anche apparecchi appositamente costruiti per il controllo della cilindricità con il comparatore.

Errore di conicità. È l'errore che si riscontra in un pezzo conico quando l'angolo realizzato dalle generatrici con l'asse (semi-angolo di apertura del cono) risulta diverso da quello prefissato.

Il controllo si effettua comunemente con il goniometro con nonio o con quello ottico.

Errore di rettilineità delle generatrici. Oltre che con i metodi precedentemente descritti il controllo della rettilineità può effettuarsi disponendo la generatrice parallela al piano di riscontro e facendovi scorrere sopra la punta di contatto del comparatore spostato sul piano col suo sostegno.

§ 137. - Tracciatura.

Si è già detto (n. 37) che la tracciatura consiste nel disegnare il pezzo finito sul pezzo grezzo. Essa si ottiene segnando sul pezzo grezzo, prima della lavorazione, le linee di intersezione delle sue superfici con quelle del pezzo finito; resta quindi delimitata la porzione di metallo che dovrà essere asportata successivamente.

Le linee vengono tracciate mediante la punta per tracciare che deve essere ben aguzza e temperata. Gli strumenti che si impiegano per la tracciatura sono stati già descritti al n. 39; altri strumenti sono: *le squadre a tallone (o a cappello), le squadre a T, le squadre per generatrici cilindriche, i diedri ed i cubi di tracciatura.*

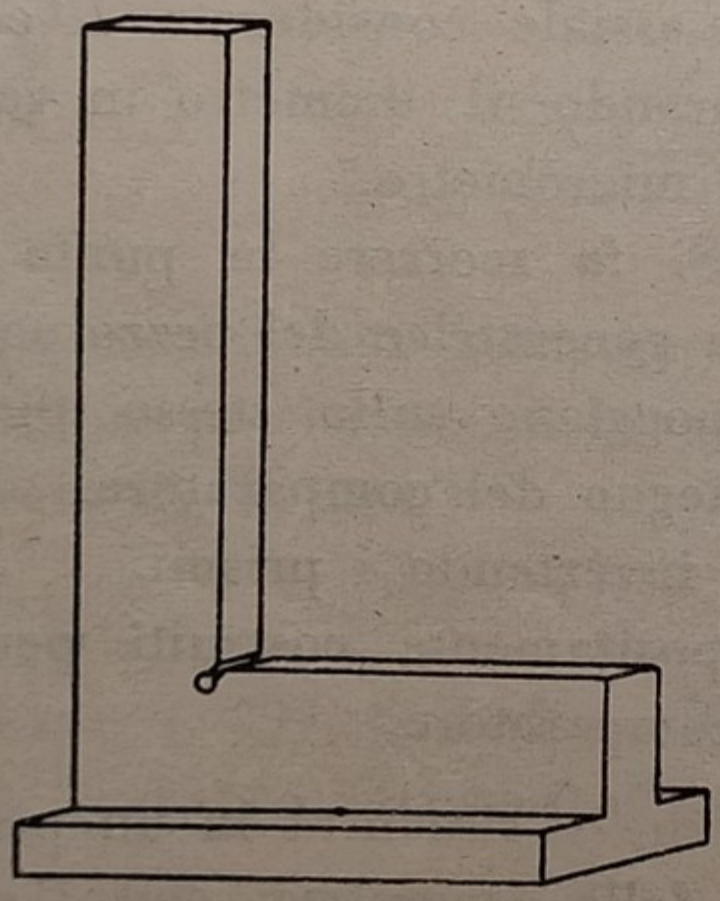


Fig. 355.

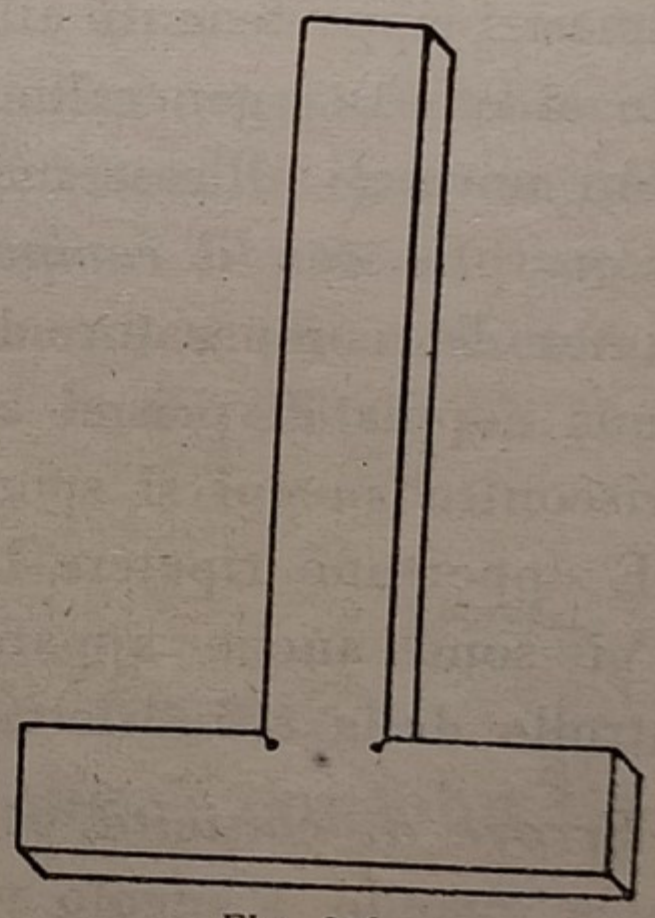


Fig. 356.

La *squadra a tallone* (fig. 355) si usa per tracciare rette perpendicolari ad uno spigolo già lavorato del pezzo; quella a *T* serve per tracciare generatrici di superfici concave (fig. 356).

La *squadra per generatrici cilindriche* si usa disponendola semplicemente sulla superficie cilindrica: i suoi spigoli poggiano su due generatrici (fig. 357).

Il *diedro di tracciatura* è costituito da due lastre di ghisa che formano un diedro retto (fig. 358) e sono munite di fori che

— mediante bulloni, morsetti, ecc. — consentono il fissaggio dei pezzi da tracciare. Il *cubo di tracciatura* è un cubo di ghisa con tre o quattro facce munite di scanalature a *T*. Cambiando la faccia di appoggio del cubo, o del diedro, il pezzo, fissato su di esso, viene ribaltato di 90°.

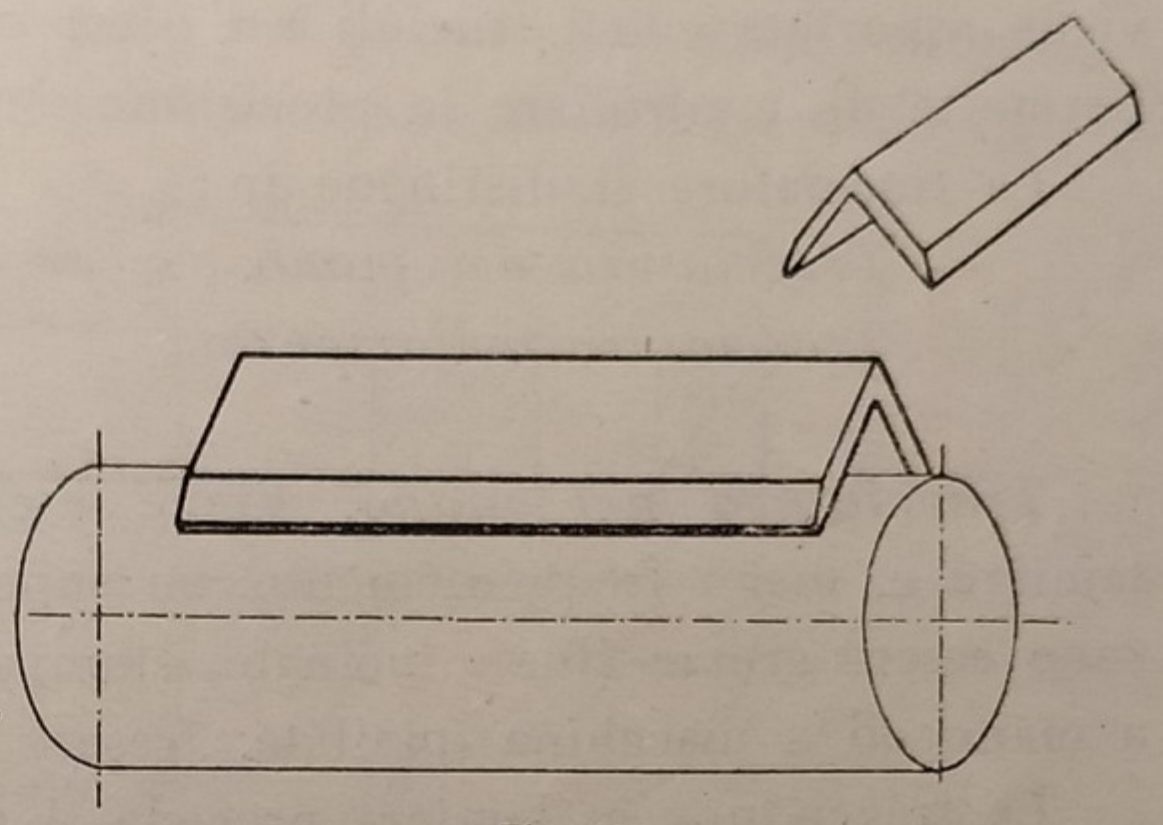


Fig. 357.

Preparazione delle superfici e puntizzatura. Per rendere chiaramente visibili i segni lasciati dalla punta per tracciare, la superficie grezza del pezzo viene spalmata di biacca o di calce; per superfici grezze lisce possono anche usarsi vernici leggere. Se il pezzo, di materiale ferroso, ha la superficie lavorata, si inumidisce e si strofina con un cristallo di solfato di rame: si deposita un leggero strato di rame su cui risaltano i segni lasciati dalla punta.

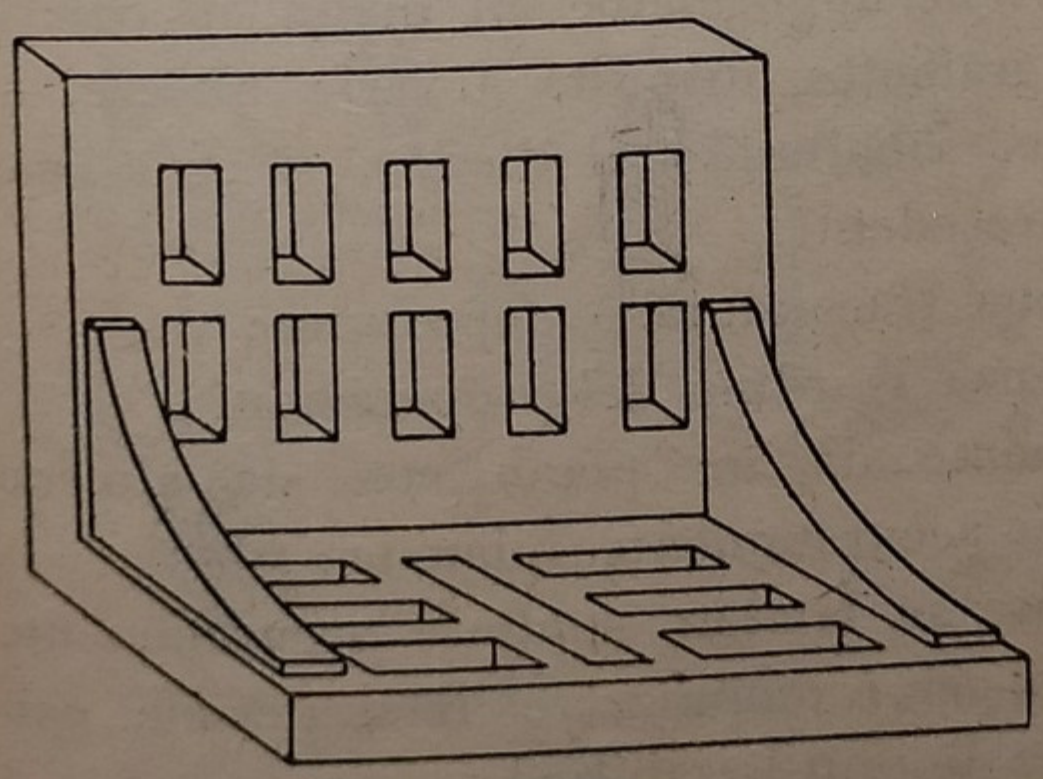


Fig. 358

La ramatura può anche ottenersi immergendo il pezzo in una soluzione di solfato di rame. Per effettuare tracciature assai precise le superfici lavorate possono essere brunite con leggero riscaldamento. Le lamiere, quando sono leggermente ossidate, non richiedono preparazione, perchè la punta, asportando l'ossido, lascia un segno brillante visibilissimo. Eseguita la tracciatura si imprime, lungo le linee tracciate, una serie di punti (puntizzatura) mediante il puntino (fig. 86 - pag. 151) su cui si

batte leggermente col martello. I punti devono risultare ben centrati sulle linee. Durante la lavorazione la metà dei punti viene asportata con i trucioli e l'altra metà, rimasta sul pezzo, permette di controllare la precisione della tracciatura.

La tracciatura si distingue in:

— *Tracciatura nel piano.*

— *Tracciatura nello spazio.*

Tracciatura nel piano. Viene eseguita generalmente su lamiere e, meno frequentemente, su superfici di solidi che possono essere grezze (fuse, fucinate, stampate) oppure già lavorate a mano od a macchina (piallate, fresate, ecc.).

La tracciatura su lamiera precede il taglio ed ha per scopo la costruzione di recipienti, tubazioni, raccordi, sagome di tracciatura e di riscontro, ecc.

La tracciatura nel piano non differisce sostanzialmente dalla esecuzione di un disegno che si effettua sulla superficie del pezzo, anzichè sul foglio. Nelle costruzioni in lamiera occorre spesso eseguire la tracciatura dello sviluppo di un solido.

La tracciatura, invece che su un piano orizzontale, può anche farsi su un piano verticale per mezzo del diedro o del cubo di tracciatura, che viene appoggiato sul piano di riferimento. Con la punta del graffietto, disposta a varie altezze, si tracciano rette parallele e, ribaltando il diedro, si tracciano rette perpendicolari alle precedenti.

Per effettuare una buona tracciatura è opportuno:

— fissare in precedenza l'ordine delle operazioni;

— partire possibilmente da un piano che sia almeno sgrossato o da una lamiera accuratamente spianata;

— prima di tracciare su lamiera studiare accuratamente la disposizione del disegno per economizzare il materiale evitando la formazione di ritagli inutilizzabili;

— tracciare, come nel disegno, prima gli assi di simmetria e poi le altre linee.

La tracciatura può essere eseguita più rapidamente valendosi di sagome in lamiera sottile (per raccordi di piccolo raggio, ecc.).

Con la tracciatura a mano, accuratamente eseguita su superfici lavorate, si può raggiungere una precisione di 1/20 di mm.

Esempio di tracciatura nel piano. Si debba eseguire, su lamiera, la tracciatura della flangia rappresentata nella fig. 359.

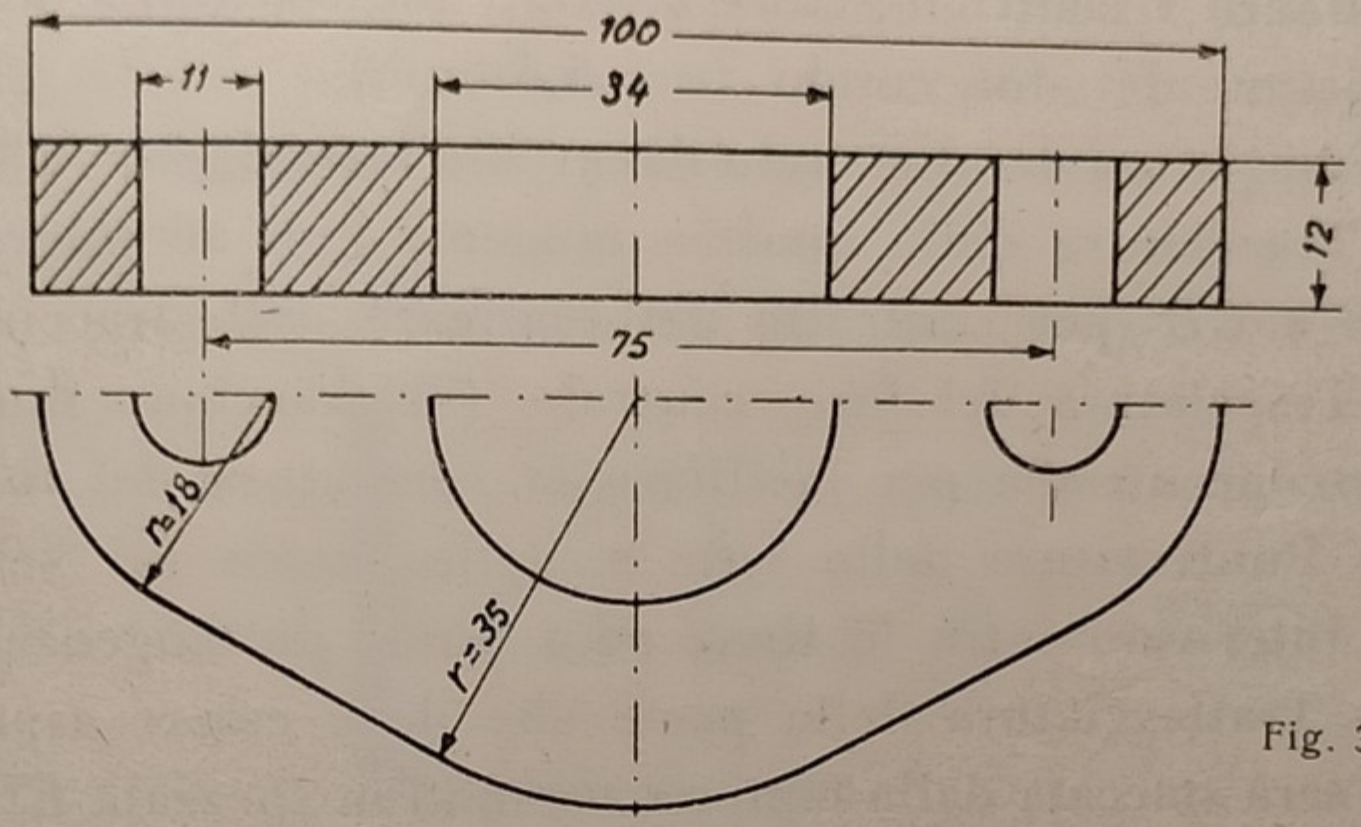


Fig. 359.

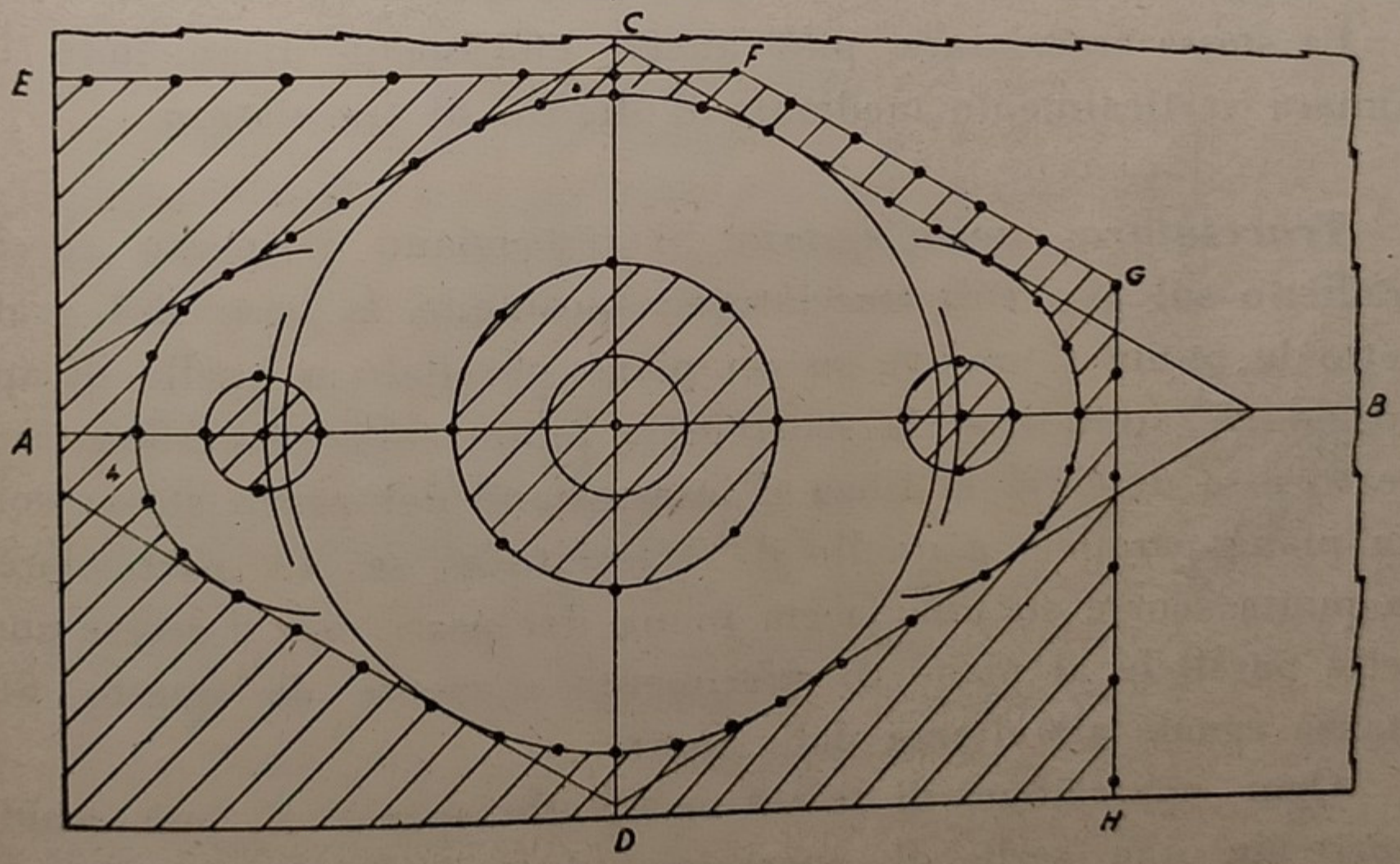


Fig. 360.

Si effettuano le seguenti operazioni (fig. 360):

1. - Sgrassatura e imbiancatura della superficie da tracciare.

2. - Scelta della posizione più conveniente per disegnare la figura in modo da evitare spreghi di materiale.

3. - Tracciatura dell'asse maggiore *AB* a distanza conveniente dall'orlo della lamiera.

4 - Tracciatura dell'asse *CD* perpendicolare al precedente.

5. - Puntizzatura dell'intersezione dei due assi (centro del foro) e tracciatura del cerchio di raggio maggiore ($r = 35$ mm).

6. - Tracciatura dei due archi di cerchio ($r = 37{,}5$ mm) per determinare i centri dei fori laterali, puntizzatura dei centri e tracciatura dei due cerchi ($r = 5{,}5$ mm).

7. - Tracciatura dei due archi di cerchio laterali ($r = 18$ mm).

8. - Tracciatura delle quattro tangenti fino ad intersecare gli assi *AB* e *CD* (per controllo dell'esattezza della tracciatura).

9. - Tracciatura del foro centrale (si tracciano due circonferenze concentriche per facilitare la centratura del foro).

10. - Puntizzatura delle rette e delle curve (si segnano sempre le intersezioni tra le linee ed i punti di tangenza).

11. - Tratteggiatura della parte che deve essere asportata (la flangia sarà staccata dalla lamiera secondo la spezzata *EFGH*).

La stessa tracciatura può anche effettuarsi disponendo la lamiera verticalmente mediante il diedro di tracciatura.

Tracciatura nello spazio. Si appoggiano il pezzo ed il graffietto sul piano di tracciatura; spostando la base del graffietto la punta si muove su un piano parallelo a quello di appoggio. Se, quindi, si fa scorrere la punta sulla superficie del pezzo essa descrive la linea d'intersezione del pezzo stesso con un piano parallelo a quello di tracciatura; se, in particolare, la punta scorre su una faccia piana del pezzo essa descrive una retta parallela al piano di riferimento e avente da questo distanza eguale all'altezza della punta.

Ogni operazione di tracciatura nello spazio si può scomporre in una serie di operazioni elementari che consistono nell'individuare rette e piani.

Si rammenti che un piano è determinato da tre punti non allineati, o da due rette, oppure da una retta ed un punto che non le appartenga; una retta è determinata da due punti e può ottenersi come intersezione di due piani.

Seguono alcuni problemi elementari di tracciatura.

1. - *Disporre un piano parallelo al piano di tracciatura.*

Il piano sia individuato da tre punti (*A*, *B* e *C*) dati sulla

superficie del pezzo. Valendosi della punta del graffietto si dispone il pezzo sul piano di tracciatura in modo che i tre punti vengano a trovarsi alla stessa altezza. Il pezzo viene fermato nella posizione voluta mediante adatti spessori.

2. - *Disporre una retta parallela al piano di tracciatura.*

La retta sia individuata dai punti *A* e *B*: si ripete l'operazione effettuata nel problema precedente per i punti *A*, *B* e *C*.

3. - *Tracciare un piano per tre punti, non allineati, dati sul pezzo.*

Si dispone il piano, individuato dai tre punti dati (*A*, *B* e *C*), parallelo a quello di appoggio (problema 1) e, partendo da uno dei punti dati, si esegue la tracciatura.

4. - *Per un punto tracciare un piano parallelo ad una retta-data.*

Si dispone la retta (individuata dai punti *A* e *B*) parallela al piano di tracciatura (problema 2) e, posta la punta del graffietto all'altezza del punto dato *M*, si traccia il piano richiesto. Per segnare il punto all'altezza voluta si usa l'altimetro.

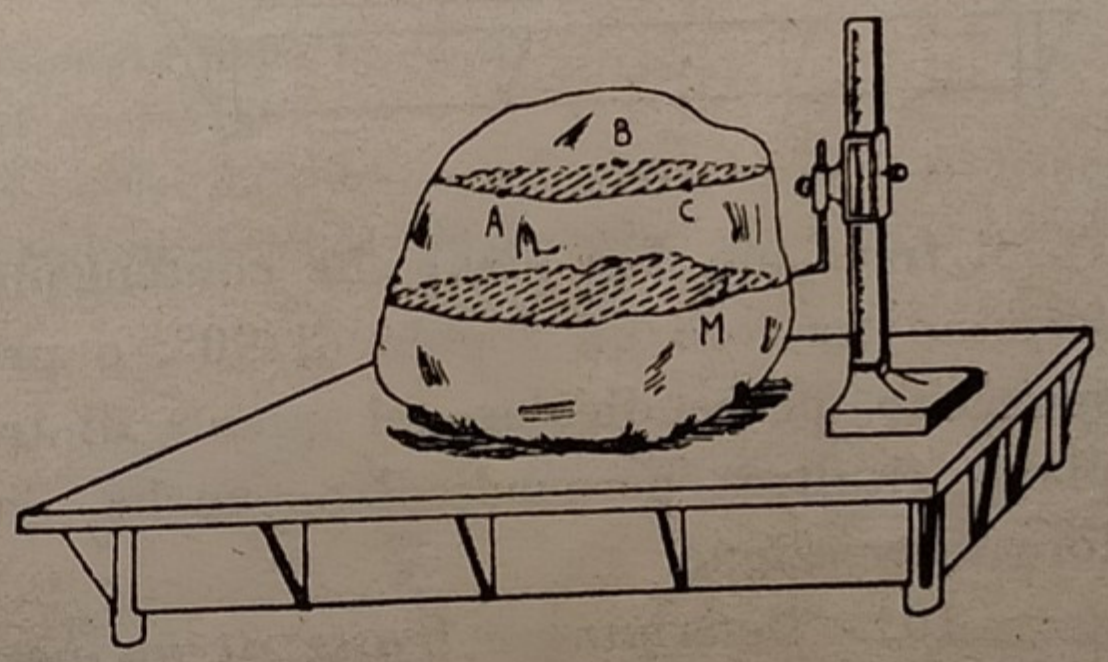


Fig. 361.

5. - *Per un punto tracciare un piano parallelo ad un piano dato.*

Si dispone il piano dato (individuato dai punti *A*, *B* e *C*) parallelo al piano di tracciatura e si procede come nel problema precedente (fig. 361).

6. - *Determinare la distanza tra due piani paralleli.*

Si dispongono i piani dati paralleli al piano di tracciatura; la distanza richiesta si ottiene come differenza delle altezze dei due piani su quello di riferimento.

7. - *Disporre un piano perpendicolare al piano di tracciatura.*

Si appoggia sul piano una squadra a diedro e, spostando la base del graffietto sulla sua faccia verticale, si dispone il pezzo sul piano di tracciatura in modo che i tre punti, che individuano il piano dato risultino alla stessa distanza dalla faccia verticale predetta (fig. 362).

8. - *Per un punto tracciare un piano perpendicolare ad un piano dato.*

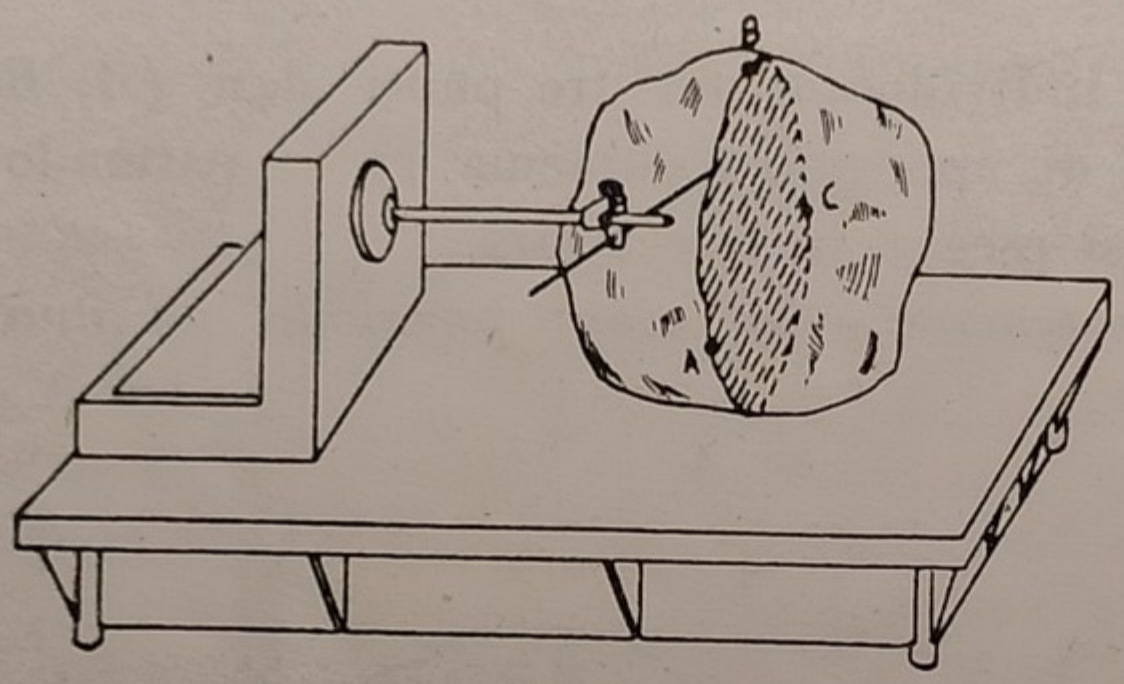


Fig. 362.

Si dispone il piano dato, perpendicolare a quello di tracciatura e, posta la punta del graffietto all'altezza del punto dato *M*, si traccia il piano richiesto.

9. - *Disporre una retta perpendicolare al piano di tracciatura.*

Si tracciano due piani che contengano la retta data e che formino tra loro un angolo di 90°, o prossimo a 90°, e si dispongono perpendicolari al piano di tracciatura; allo stesso piano risulterà perpendicolare anche da retta data che è la loro intersezione.

10. - *Determinare l'asse di un pezzo cilindrico.*

Quando si deve montare un pezzo cilindrico tra le punte del tornio è necessario determinare i centri delle sue basi prima di eseguire i fori da centri.

Si dispone il pezzo (fig. 363) su una coppia di prismi a *V* poggiati sul piano di paragone e, con la punta del graffietto, si traccia su una della basi una corda (1·1) parallela al piano e prossima al diametro; si ruota il pezzo di 180° e, tenendo la punta alla stessa altezza, si traccia una seconda corda (2·2) approssimativamente parallela alla precedente; ruotando ancora il pezzo di circa 90° si traccia una terza corda (3·3) e con un'altra rotazione, approssimativamente di 180°, se ne traccia una quarta (4·4). Si ottiene in tal modo un rettangolino

in cui si trova il centro richiesto che può essere segnato ad occhio.

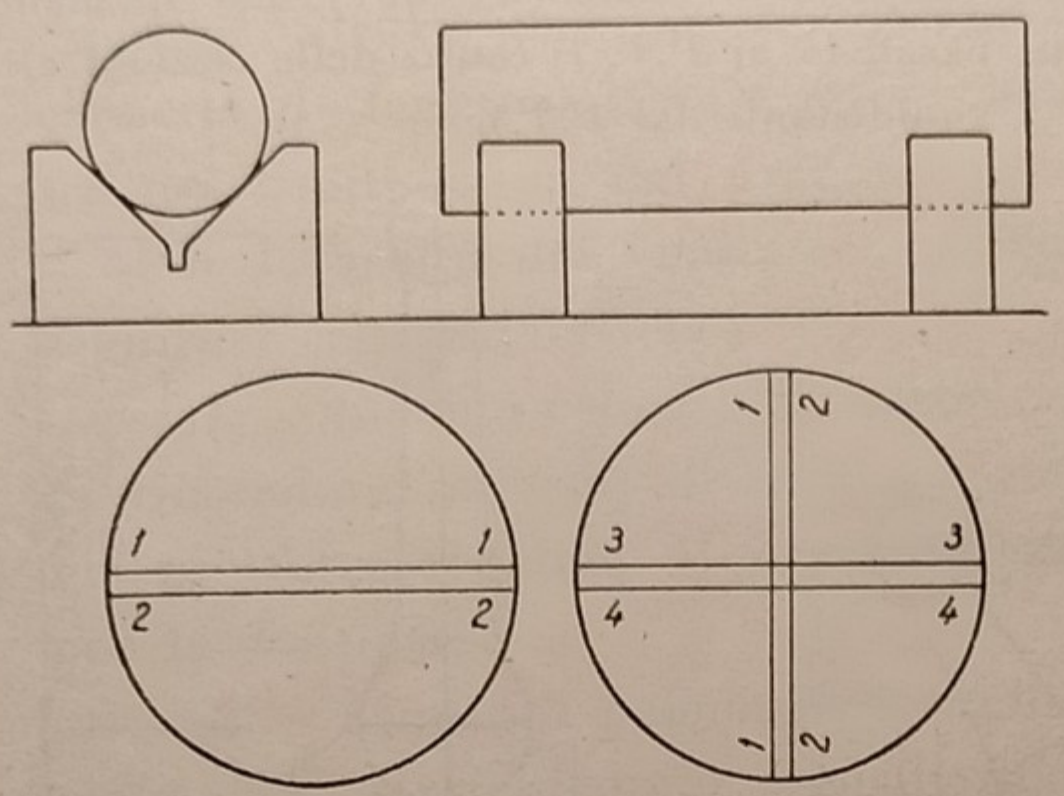


Fig. 363.

Il centro può anche determinarsi come intersezione di due diametri tracciati mediante una squadra per centrare (fig. 95 a pag. 153). Si pone la circonferenza del pezzo tangente ai bracci della squadra e si traccia un diametro facendo scorrere la punta lungo lo spigolo del braccio a 45°. Si ruota il pezzo e si traccia un altro diametro.

Esempio di tracciatura nello spazio. Si debba eseguire la tracciatura della leva-bilanciere rappresentata nella fig. 364.

Si effettuano le seguenti operazioni:

1. - Si preparano le superfici da tracciare e si determinano, mediante il compasso, i centri delle sezioni circolari e le mezzarie dei bracci (fig. 365).

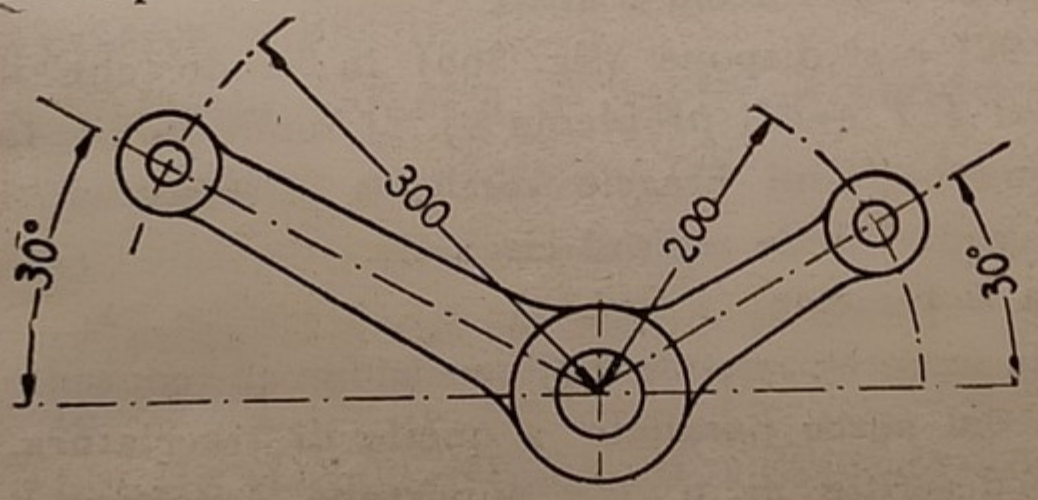


Fig. 364.

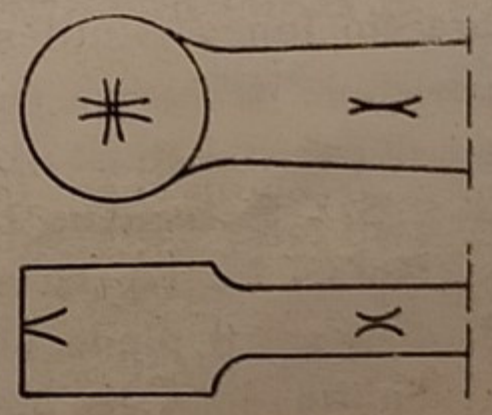


Fig. 365.

2. - Per mezzo di spessori (fig. 366) si dispone il pezzo in modo che i piani medi dei due bracci risultino paralleli al piano di tracciatura (*PT*). La posizione giusta si ottiene per tentativi verificando, con il graffietto, che la distanza tra i piani medi dei bracci sia quella stabilita dal disegno. Se non è possibile realizzare questa condizione (perchè i due bracci non sono paralleli tra loro o non si trovano alla giusta distanza) si ripartisce l'errore.

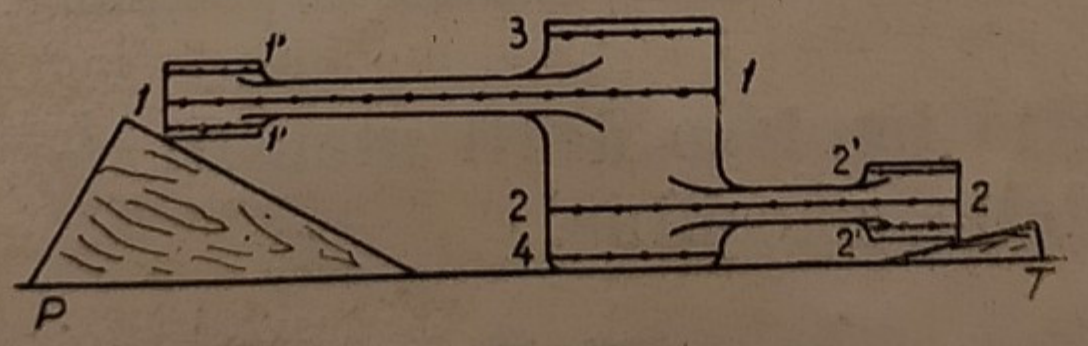


Fig 366.

Si tracciano il piano 1-1, i due piani 1′, il piano 2-2, i due piani 2′, il piano 3 ed il piano 4. Si puntizzano le linee tracciate.

3. - Si ribalta il pezzo e si dispone in modo (fig. 367) che il piano medio del braccio lungo risulti parallelo al *P.T.* (i centri delle sezioni circolari devono risultare a 2 a 2 equidistanti dal *P.T.*).

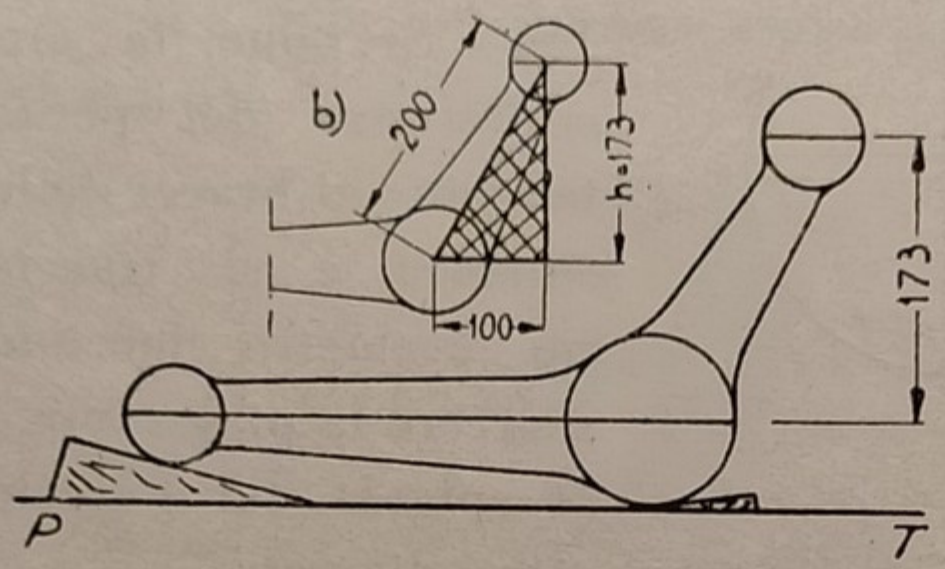


Fig. 367.

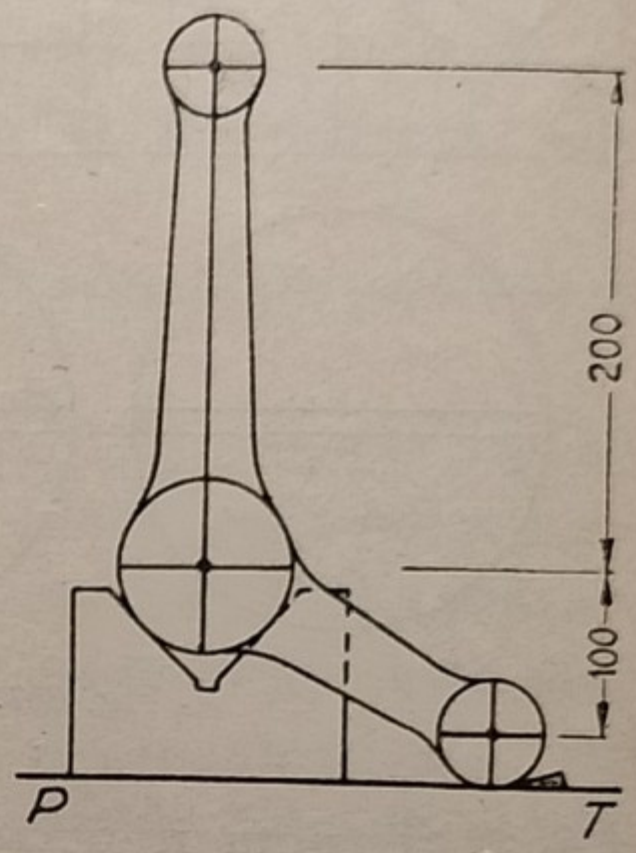


Fig. 368.

Poichè il braccio corto è inclinato di 60° sul *P.T*, la distanza tra i due piani — paralleli al *P.T* e passanti per i centri delle sezieni circolari — è l'altezza *h* di un triangolo equilatero (fig. 367 *b*) di lato $l = 200$ mm. Tracciato un piano (facendo girare il graffietto tutto intorno al pezzo) si innalza la punta del graffietto di 173 mm e si traccia l'altro.

4. - Si ruota il pezzo di 90° e si dispone (fig. 368) in modo che il braccio lungo risulti normale al *P.T.* (vedi problema 9). Si rende stabile la posizione del pezzo (ponendo un peso sul braccio corto) e si tracciano i piani parallalleli al *P.T.* per i centri delle sezioni circolari.

5. - Si segnano i centri e si tracciano i fori.

Nota - La tracciatura si inizia sempre partendo dalla posizione che consente di disporre il piano più esteso del pezzo parallelo a quello di tracciatura.

Subito dopo le operazioni descritte al n. 2 è opportuno asportare il materiale eccedente (fresare i rasamenti) per effettuare la tracciatura dei fori, con maggior precisione, su superfici lavorate.

Tracciatura a macchina. La tracciatura può anche essere eseguita con *macchine tracciatrici* che consentono una elevata precisione.

§ 138. - Corretto impiego degli utensili e delle macchine.

Quando si deve lavorare un pezzo con una macchina utensile è necessario scegliere apportunatamente le caratteristiche di lavoro: velocità di taglio v, avanzamento a e profondità di

passata p. La determinazione dei valori da attribuire alle caratteristiche di lavoro — per ottenere, per un dato materiale, il migliore sfruttamento della potenza della macchina e della capacità di taglio dell'utensile — è assai complicata e non rientra nei limiti fissati del programma.

Per la scelta dei valori da attribuire ad a, p e v si possono seguire i seguenti criteri :

1. - *Elevata velocità di taglio e piccola sezione di truciolo.* Si richiedono utensili di ottima qualità e si ottengono superfici piuttosto regolari. Il procedimento si adotta generalmente per la *finitura*.

2. - *Limitata velocità di taglio e grossa sezione di truciolo.* Non si richiedono utensili di elevate qualità e si ottengono superfici meno regolari. Il procedimento si adotta generalmente per la *sgrossatura*.

3. . *Elevata velocità di taglio e grossa sezione di truciolo.* Il procedimento si può adottare soltanto per lavorazione in grande serie con utensili ottimi e macchine speciali.

In ogni caso le caratteristiche di taglio devono essere sopportate dalla macchina e dell' utensile senza dar luogo ad eccessive vibrazioni.

Dalla velocità di taglio dipende la rapidità con cui il lavoro può essere condotto a termine e, quindi, nell' impiego della macchina e dell' utensile si deve cercare di raggiungere una velocità elevata, qualunque sia il criterio che si segue. La velocità di taglio dipende anche dall' accurata costruzione dell'utensile e dal sistema di raffreddamento e lubrificazione.

Scelta dell' utensile. Gli *utensili di acciaio al carbonio* sono poco usati perchè non consentono di ottenere forti velocità di taglio. La loro durezza, assai elevata a freddo, diminuisce rapidamente con l' aumentare della temperatura e bisogna quindi limitare la velocità per impedire un riscaldamento eccessivo.

Gli *utensili di acciaio rapido* sono molto più usati perchè mantengono la durezza e la tenacità anche a temperatura elevata e permettono velocità molto superiori a quelle consentite dal-

l'acciaio al carbonio. Occorre tener presente che la bontà di un utensile di acciaio, al carbonio o rapido, dipende anche dall'accurata fucinatura e dai trattamenti termici subiti (vedi n. 140).

Gli *utensili al carburo* permettono velocità di taglio superiori a quelle ottenibili con gli acciai rapidi; il loro impiego consente, quindi, di aumentare la produzione e di ottenere una migliore finitura superficiale. Essi sono indispensabili quando si devono lavorare prodotti ferrosi assai duri (ghise bianche, acciai al manganese) e risultano convenienti per la lavorazione di materiali che esercitano forte azione abrasiva sul tagliente (vetro, porcellana, ebanite, carta, ecc.). Gli utensili al carburo sono costosi e vanno usati soltanto con macchine robuste che permettano di sfruttare la loro capacità di taglio.

Utensili di diamante. Si usano per passate finissime di finitura su materiali teneri e danno superfici speculari. Si impiegano anche per il taglio di materiali assai duri o fortemente abrasivi. Richiedono macchine esenti da vibrazioni.

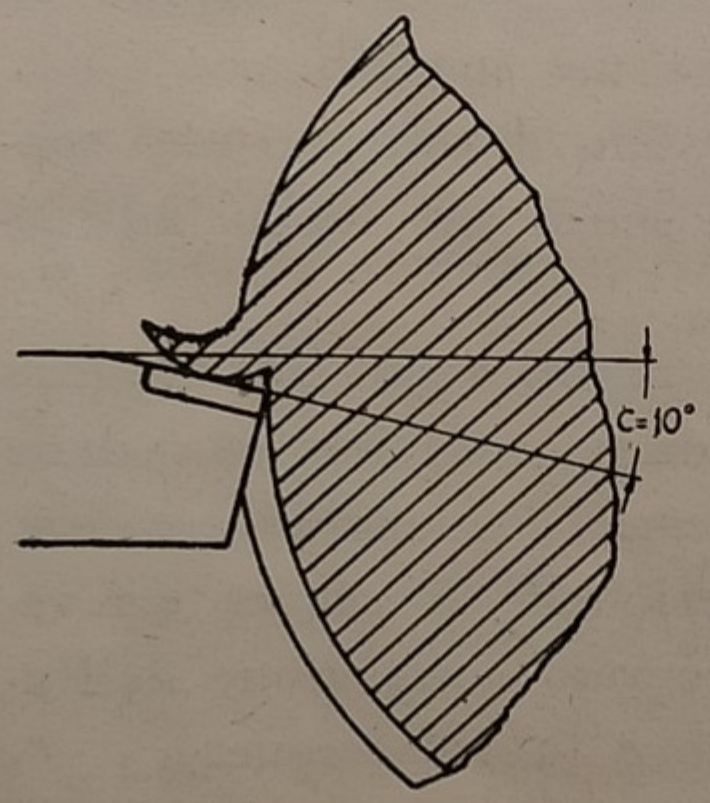


Fig. 369.

Angoli caratteristici degli utensili. Gli angoli caratteristici devono essere appropriati al materiale da lavorare ed a quello costituente l'utensile.

Utensili a spoglia negativa. Gli utensili che consentono di realizzare le maggiori velocità di taglio sono quelli al carburo che, a cagione della loro estrema durezza (prossima a quella del diamante), sono più resistenti al consumo. Se si usa un ordinario utensile al carburo con velocità *eccessiva* la pressione che il truciolo esercita sullo spigolo di taglio aumenta e ne provoca rapidamente la rottura. Sottoponendo invece alla stessa velocità un utensile con angolo di spoglia superiore negativo — come quello da tornio della fig. 369, — il distacco e lo scorrimento del truciolo avvengono in maniera tale che:

1. - La pressione del truciolo sull'utensile si esercita in direzione più favorevole alla durata dallo spigolo di taglio (che risulta più robusto di quello di un utensile a spoglia positiva).

2. - La pressione, al crescere della velocità oltre un certo valore, diminuisce (a parità di sezione del truciolo).

Con gli utensili a spoglia negativa, usati su macchine appositamente costruite, si raggiungono, senza refrigerazione, velocità elevatissime (sgrossatura: acciaio dolce 235 m/min, alluminio 915 m/min; finitura: acc. dolce 305 m/min, alluminio 1220 m/min), e si ottengono superfici paragonabili a quelle rettificate.

Affilatura degli utensili. L'affilatura degli utensili nuovi, o di quelli che hanno perduto il tagliente in seguito all'uso, deve effettuarsi controllando, mediante sagome (vedi n. 122), che risultino effettivamente realizzati gli angoli caratteristici richiesti.

Occorre evitare di proseguire la lavorazione con utensili poco affilati per non sottoporre la macchina, l'utensile ed il pezzo a sforzi nocivi e per non peggiorare, in qualità e quantità, la produzione.

L'intervallo di tempo t tra due affilature successive *(durata del tagliente)* dipende dalla velocità di taglio, dalla sezione del truciolo, dal materiale che si lavora e dalla refrigerazione. Per i comuni utensili di acciaio, al carbonio o rapido, si considera normale una durata del tagliente di 60 minuti. Se la durata dovesse risultare minore occorrebbe modificare le caratteristiche di taglio (ad es. diminuire la velocità) per riportarla al valore anzidetto. Per gli utensili al carburo si prefissa una durata di almeno quattro ore e per le frese una durata tanto maggiore quanto più laboriosa risulta l'affilatura (generalmente da quattro a dieci ore).

L'affilatura a mano degli utensili si può effettuare con getto refrigerante lento e continuo, che permetta di controllare l'operazione, oppure a secco, sempre senza premere eccessivamente l'utensile contro la mola per evitare il riscaldamento che lo danneggerebbe.

Nell'affilatura a secco occorre evitare di immergere periodicamente l'utensile nel liquido refrigerante.

L'affilatura a macchina si effettua con refrigerazione abbondante e consente di ottenere con precisione gli angoli richiesti.

Dopo l'affilatura è conveniente levigare l'utensile con pietra d'India per ottenere una superficie liscia ed una durata maggiore.

Particolarmente accurata deve essere la preparazione e l'affilatura degli utensili al carburo.

Montaggio degli utensili. Il vertice dell'*utensile da tornio* deve trovarsi nel piano orizzontale passante per l'asse del pezzo.

Gli utensili sgrossatori esterni vengono spesso montati, per lavorare acciaio, innalzando leggermente il vertice al disopra del predetto piano orizzontale (circa 1% del diametro del pezzo); analogamente gli sgrossatori interni vengono abbassati dalla stessa quantità.

L'utensile deve essere saldamente fissato nel morsetto e la sua sporgenza dal sostegno deve essere ridotta al minimo per evitare vibrazioni. Gli utensili filettatori devono essere montati sul tornio curando che l'asse del nasello risulti perpendicolare all'asse del pezzo da filettare; la condizione si realizza valendosi di sagome (fig. 370).

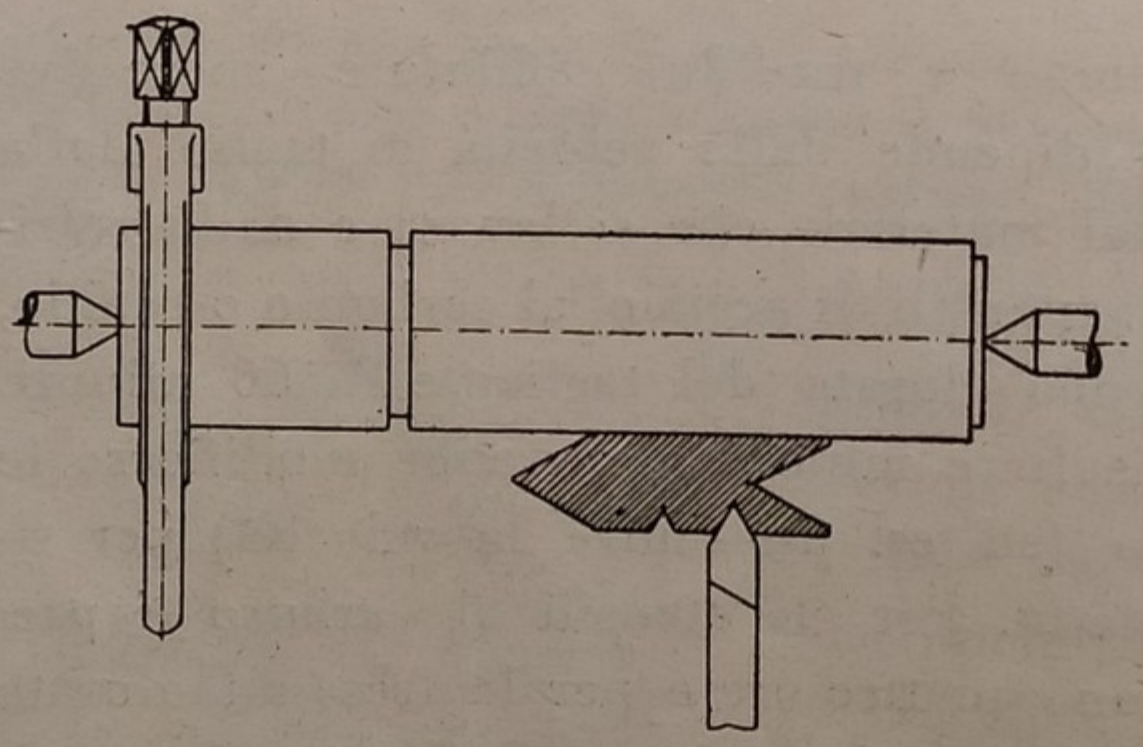


Fig. 370.

Secondo l'attacco le *frese* si possono distinguere in *frese senza codolo* e *frese con codolo.* Quelle senza codolo possono essere infilate e fissate all'albero porta fresa mediante anelli di fissaggio che, premendo sulla fresa, impediscono la sua rotazione rispetto all'albero.

Con questo montaggio se la fresa viene assoggettata a condizioni anormali di lavoro essa ruota sul proprio albero senza spaccarsi. Le frese più grosse vengono fissate all'albero, che è provvisto di scanalatura, mediante linguetta. Gli anelli sono di vario spessore (da 0,1 a 150 mm) e devono avere le facce rettificate, parallele tra loro e perpendicolari all'asse; nel montarli è necessario assicurarsi che siano privi di ammaccature e che non vi siano, tra l'uno e l'altro, trucioli o corpi estranei che potrebbero provocare l'inflessione dell'albero quando si avvita il dado.

Le frese devono essere montate riducendo al minimo la distanza dal montante, per evitare vibrazioni e flessioni. Quando

si devono eseguire lavori pesanti, si usano supporti intermedi. Spesso si montano più frese sullo stesso albero per eseguire il lavoro con maggiore rapidità.

Le *frese con codolo* possono avere codolo cilindrico oppure

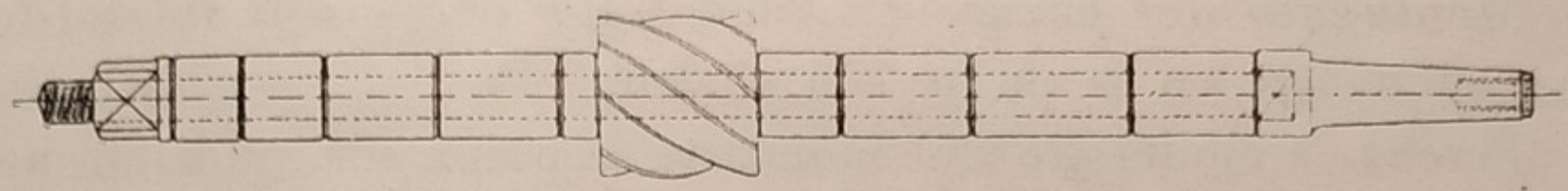


Fig. 371.

conico con dente, come le punte elicoidali, ovvero codolo conico con foro filettato. Quest' ultimo attacco lo hanno le frese che durante la lavorazione sono sollecitate, da sforzi assiali, a sfilarsi dal mandrino; al foro filettato si avvita apposito tirante.

Gli attacchi per frese, gli alberi portafrese, e relativi accessori sono unificati [1]).

La fig. 371 rappresenta una fresa montata su un albero portafresa, il quale ha il cono di attacco Morse e la estremità filettata ed è particolarmente adatto per macchine di piccola potenza; la fig. 372 (Elli Zerboni e C.S.A. Torino) illustra il

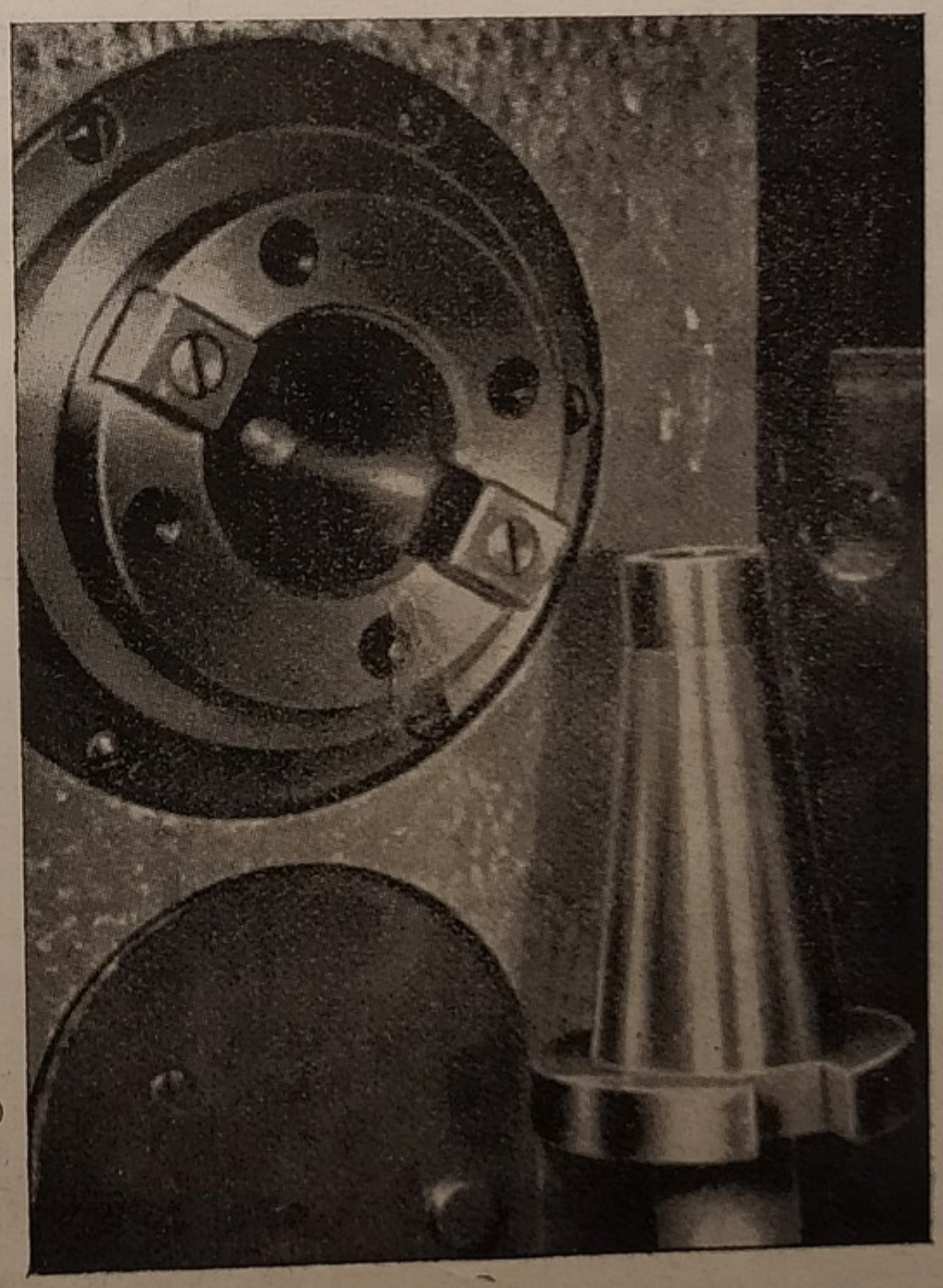


Fig. 372.

[1]) Progetto UNI.

naso di mandrino per fresatrice e relativo cono di attacco *ISA* (di tipo americano *ASME*) adatto sia per alberi portafrese che per frese. Il fissaggio si ottiene per mezzo di apposito tirante da avvitarsi nel foro filettato del cono.

Montaggio del pezzo. Il *montaggio del pezzo sul tornio* può effettuarsi tra le punte e a sbalzo.

Perchè il montaggio del pezzo tra le punte sia soddisfacente occorre :

1. - che i fori agli estremi del pezzo siano ben eseguiti e ben centrati ;

2. - che le punte non presentino un logoramento eccessivo e siano coassiali ;

3. - che non sia eccessiva la sporgenza del canotto della contropunta.

Si lubrifica prima il pezzo dalla parte della contropunta e poi si stringe tra le punte in modo che possa girare senza giuoco

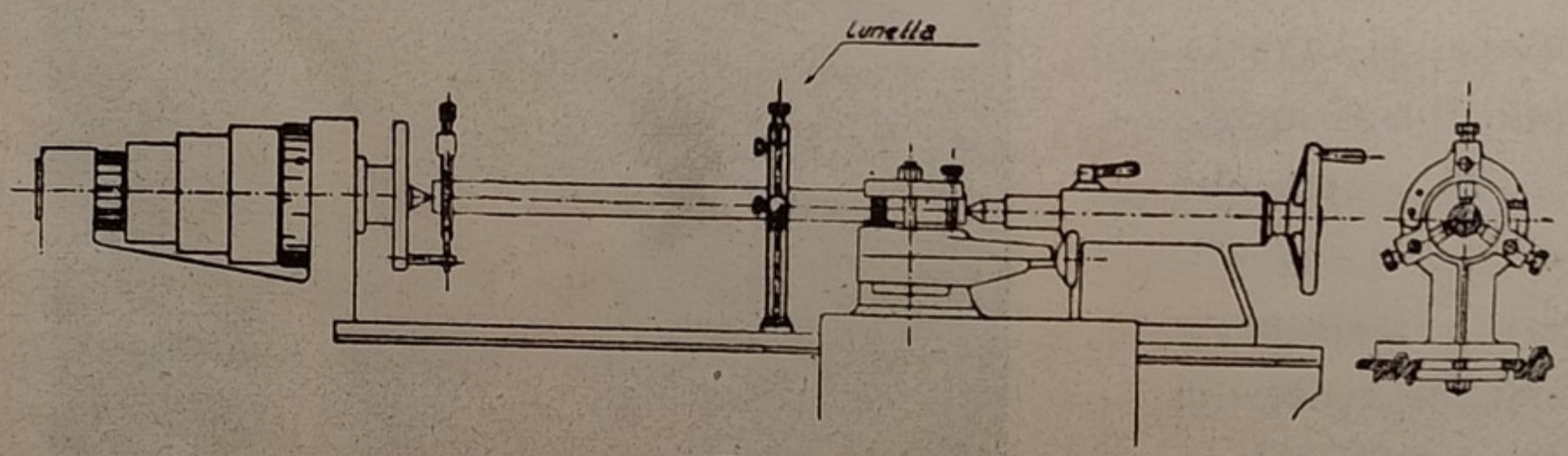


Fig. 373.

e senza attrito eccessivo. Le punte logore vengono rettificate con apposito apparecchio (mola azionata da motore elettrico) che può essere fissato al carrello.

La coassialità delle punte si ottiene avvicinandole e portando i due vertici a coincidere ; dopo una prima passata leggera si misurano i diametri agli estremi del pezzo e, se essi risultano diversi, si sposta opportunamente la contropunta.

I pezzi lunghi ($L > 12\ d$) devono essere sostenuti (fig. 373) con lunette che possono essere fissate al banco (lunette fisse) oppure mobili col carrello (lunette mobili).

Quando il pezzo viene montato a sbalzo è necessario verificare, prima di iniziare la lavorazione, che esso sia ben centrato. Si pone la punta di un graffietto (o quella dell' utensile)

a contatto con il pezzo che poi si fa ruotare a mano; se durante la rotazione la periferia del pezzo si allontana dalla punta esso è fuori centro ed è necessario modificarne la posizione.

Il montaggio dei pezzi sulla fresatrice si può effettuare per mezzo di bulloni, di morse, di speciali piattaforme; esso deve assicurare il fissaggio del pezzo in posizione conveniente rispetto alla fresa.

Sulla fresatrice si possono anche effettuare particolari montaggi allo scopo di rendere più rapida la lavorazione.

Quando si usa l'apparecchio divisore il pezzo viene montato su di esso, tra le punte od a sbalzo.

Raffreddamento e lubrificazione. Il raffreddamento si effettua inviando, sulla zona di contatto tra pezzo ed utensile, un flusso di liquido che asporta il calore e favorisce lo scorrimento del truciolo. Per i materiali ferrosi si adopera olio emulsionato nell' acqua che ha azione refrigerante e lubrificante e impedisce l' arrugginimento. Ghisa, bronzo e ottone si lavorano generalmente a secco, per l' alluminio si usa petrolio. Sono anche usati oli puri, acqua saponata, acqua e soda ecc.

Il raffreddamento del tagliente consente aumenti della velocità di taglio di circa il 40 %.

§ 139. - Norme per le esercitazioni sui trattamenti termici.

Si è già detto (n. 81) che gli acciai non si presterebbero, in genere, a soddisfare le esigenze della tecnica se non fossero sottoposti ad opportuni trattamenti termici. Gli scopi che i trattamenti termici si prefiggono sono molteplici ed anche di essi si è trattato diffusamente. Vogliamo ora aggiungere che la scelta e le modalità di esecuzione di un trattamento termico devono, in ogni caso, tendere a conseguire i seguenti scopi:

1. - esaltare le caratteristiche meccaniche che interessano nel caso specifico;

2. - ridurre al minimo le variazioni di dimensioni, le deformazioni e le rotture;

3. - evitare la formazione sui pezzi di scaglie di ossido e la carburazione o decarburazione superficiale;

4. - mantenere entro limiti ristretti di tolleranza i pezzi finiti che vengono sottoposti a trattamento termico per migliorare le loro caratteristiche meccaniche.

Qualsiasi trascuratezza nel trattamento termico di un acciaio porta alla formazione di cricche che possono provocarne la rottura in servizio.

Per la buona riuscita dei trattamenti di ricottura, normalizzazione e tempra è necessario attenersi, per il riscaldamento, alle seguenti norme:

1. - caricare i pezzi nel forno freddo e riscaldare lentamente ed uniformemente fino a circa 650 °C per gli acciai al carbonio e fino alla temperatura prescritta dal fabbricante per gli acciai speciali (per l'acciaio rapido fino a 850 °C);

2. - proseguire rapidamente il riscaldamento fino alla temperatura massima indicata;

3. - mantenere il pezzo alla temperatura prescritta il tempo sufficiente per renderla uniforme e per consentire le trasformazioni di struttura;

4. - evitare le ossidazioni e decarburazioni superficiali riscaldando i pezzi, quando non si disponga di forni con atmosfera controllata (n. 89), in cassette contenenti carbone di legna o tornitura di ghisa, ben chiuse e spalmate di argilla (lutate);

5. - riscaldare la bocca delle tenaglie con cui si afferrano i pezzi incandescenti.

Il *raffreddamento* lento dopo ricottura e quello dopo normalizzazione non presentano difficoltà e non richiedono particolari avvertenze.

Il trattamento di tempra è quello che può dar luogo al maggior numero di inconvenienti e richiede particolari cautele anche per il raffreddamento. Perchè questo risulti uniforme occorre scegliere con cura la posizione di immersione del pezzo, agitarlo fortemente e far circolare il liquido del bagno di tempra.

Le irregolarità di raffreddamento producono distorsioni e perfino rotture. I piegamenti e le distorsioni di lieve entità si possono eliminare riscaldando leggermente il pezzo e sottoponendolo a pressioni oppure a leggero martellamento.

La tempra produce sempre alterazioni di forma che consistono principalmente nella diminuzione delle dimensioni maggiori e nell'aumento di quelle minori. Per avere, quindi, il pezzo con le dimensioni prestabilite è necessario prevedere un adeguato sopramетallo da asportare, dopo tempra, mediante molatura.

Le cricche di tempra, che costituiscono inviti a rottura. si evitano con raffreddamento uniforme seguito immediatamente da rinvenimento.

Anche lo stato superficiale dei pezzi può produrre difetti di tempra. Così le scaglie di ossido aderenti al pezzo rallentano il raffreddamento causando zone non temprate e distorsioni; piccoli strappi, prodotti da un utensile male affilato o da inadatta velocità di lavoro, costituiscono inviti a fenditure e rotture.

§ 140. - Acciai per utensili e loro trattamento.

Fucinatura. Per la fabbricazione di alcuni utensili si richiede la fucinatura; se essa non è ben eseguita i difetti che ne derivano non possono, generalmente, essere più eliminati. Per effettuare una buona fucinatura occorre:

— riscaldare lentamente ed uniformemente. Un riscaldamento troppo rapido provocherebbe tensioni interne che potrebbero successivamente produrre spaccature di tempra;

— iniziare la fucinatura alla temperatura massima, operare rapidamente e interrompere la fucinatura quando la temperatura si avvicina al limite inferiore. Per gli utensili che richiedono varie calde deve essere previsto un sopramетallo maggiore

che consenta di eliminare la zona ossidata o decarburata mediante molatura o lavorazione meccanica;

— raffreddare, dopo fucinatura, lentamente e completamente in ambiente secco o, meglio, sotto sabbia o ceneri asciutte e calde.

Occorre inoltre rispettare scrupolosamente i limiti di temperatura prescritti dal fabbricante ed evitare di lasciare al fuoco il pezzo quando esso ha raggiunto la temperatura richiesta per la fucinatura.

Ricottura. La ricottura, effettuata prima della tempra, permette di eliminare le tensioni interne di fucinatura e di conferire la massima dolcezza e malleabilità per la eventuale lavorazione meccanica.

La durata della permanenza alla temperatura prescritta dipende dal tipo di acciaio e dal grado di addolcimento richiesto.

Tempra. Prima della tempra si deve asportare dall'utensile lo strato superficiale ossidato e decarburato e devono eliminarsi le eventuali cricche e screpolature.

Per ottenere utensili di durezza costante vanno previsti i seguenti soprametalli:

Acciaio tondo (per barre e dischi, soprametalli analoghi su ogni dimensione).

Diametro	$5 \div 10$	mm	: soprametallo	2	mm
»	$10 \div 40$	»	»	3	»
»	$40 \div 60$	»	»	4	»
»	$60 \div 125$	»	»	5	»

Il riscaldamento si effettua, con le solite cautele, e preferibilmente in bagno di sali, fino alla temperatura minima necessaria perchè l'utensile prenda tempra.

Le parti che non devono temprarsi possono essere ricoperte di terra refrattaria, amianto, ecc.

Se la temperatura di tempra è insufficiente l'acciaio non si trasforma e rimane dolce; se, invece, è eccessiva l'utensile sarà soggetto a fessurazioni a causa della scarsa tenacità.

Si temprano in acqua soltanto gli utensili che presentano forme piuttosto regolari senza notevoli scarti di sezione; con la tempra in olio, sego, aria, si hanno più difficilmente deformazioni e rotture.

Gli utensili di forma allungata si immergono verticalmente; per quelli di spessore disuguale si immerge prima la parte più grossa.

L'utensile dovrà, poi, essere agitato fortemente per allontanare i vapori che si formano alla sua superficie e che renderebbero irregolare il raffreddamento. La temperatura del bagno di tempra deve essere mantenuta costante facendo circolare il liquido, di volume proporzionato alla mole ed alla quantità dei pezzi, mediante pompe. L'olio, se deve essere usato frequentemente, si raffredda con serpentini a circolazione d'acqua.

Prima di ritemprare un utensile è necessario ricuocerlo.

Il raffreddamento più energico, e quindi il massimo indurimento, si ottiene usando acqua salata (4 % di sale comune); indurimento via via minore si ha con acqua acidulata (4 % acido solforico), acqua pura a 20 ° C, acqua calda pura, acqua di calce, acqua con uno strato d'olio, olio, sego, aria sotto pressione, aria calma.

Rinvenimento. Elimina le tensioni di tempra — e, quindi, il pericolo di spaccature successive — ed aumenta la tenacità e la resilienza. Può eseguirsi interrompendo il raffreddamento di tempra oppure dopo completo raffreddamento di tempra (vedi n. 83). Effettuando il rinvenimento occorre fare molta attenzione a non superare la temperatura prestabilita per non dover ripetere la tempra. Il trattamento deve essere fatto, specialmente per i pezzi di forma complicata, immediatamente dopo tempra.

Rettifica. Durante la rettifica occorre evitare il riscaldamento locale dell'utensile che produrrebbe incrinature. Bisogna quindi usare pressione moderata con passate rapide e leggere e refrigerare con getto abbondante.

TABELLA DEI PIU' COMUNI ERRORI DI TEMPRA

Errori di tempra	Effetto degli errori di tempra	Aspetto della frattura [1])	Mezzi per rimediare
L' utensile è stato riscaldato ad una temperatura inferiore a quella giusta.	La durezza di tempra manca oppure è insufficiente, le scaglie di ossido si staccano parzialmente oppure non si staccano. La lima morde.	Il grano rassomiglia più o meno a quello dell' acciaio non temprato.	Ripetere la tempra a temperatura più elevata.
L' utensile è stato riscaldato ad una temperatura superiore a quella giusta (surriscaldato o addirittura bruciato).	La durezza è sufficiente e le scaglie si staccano normalmente, la lima non morde, l'utensile si rompe durante la lavorazione per scarsa tenacità.	Grano irregolare e lucido, la frattura può avere aspetto pietroso (acciaio surriscaldato). Oppure: grano non uniforme; acciaio in alcuni punti duro, in altri dolce (acciaio bruciato).	Se l' utensile è surriscaldato si ricuoce e si ripete la tempra alla temperatura giusta; se l' utensile è bruciato non serve più.
L' utensile non è stato raffreddato abbastanza rapidamente perchè si è riscaldato il liquido di tempra oppure si è formato vapore tra utensile e liquido.	La durezza è insufficiente specialmente per grossi utensili, spigoli duri e superfici grosse attaccate dalla lima. le scaglie possono staccarsi normalmente.	Nelle zone dolci il grano somiglia a quello dell' acciaio non temprato.	Ripetere la tempra, preferibimente preceduta da ricottura, raffreddando energicamente il pezzo e agitandolo nel bagno convenientemente refrigerato.

[1]) L' esame, ad occhio nudo, della superficie di frattura permette di determinare la penetrazione di tempra, di controllare la riuscita di un trattamento termico apprezzando la grossezza del grano, ecc.

Errori di tempra	Effetto degli errori di tempra	Aspetto della frattura	Mezzi per rimediare
L'utensile è stato temprato in un refrigerante non abbastanza energico (ad esempio sego, aria).	Tempra insufficiente, spigoli spesso duri e parti grosse dolci attaccabili dalla lima. Le scaglie non si staccano normalmente.	Nelle zone dolci il grano somiglia a quello dell' acciaio non temprato.	Ripetere la tempra con refrigerante più energico.
L' utensile è stato temprato in un refrigerante troppo energico (ad es. acqua).	Tempra buona, le scaglie si staccano normalmente, la lima non attacca, fessurazioni di tempra e fragilità eccessiva.	Tempra ben penetrata, grano buono.	Rinvenire a lungo l' utensile, immediatamente dopo tempra.
L'utensile, durante il riscaldamento, non è stato ben protetto contro la decarburazione superficiale.	Tempra apparentemente insufficiente, distacco incompleto delle scaglie, la lima attacca la superficie. Spesso tempra buona sotto lo strato decarburato.	Strato esterno con grano grossolano e lucente e zona interna con grano normale di acciaio temprato.	Molatura per asportare lo strato decarburato poco profondo. Altrimenti ricuocere, lavorare di nuovo l'utensile facendo scomparire zona decarburata e ritemprare.
L' utensile è stato riscaldato con eccessiva rapidità e irregolarmente.	Durezza non uniforme generalmente sufficiente sugli spigoli, distacco quasi normale delle scaglie, la lima attacca in alcuni punti, i pezzi si fessurano e si spaccano facilmente, sporgenze o denti saltano via.	Grano non uniforme, in alcuni punti l' acciaio è duro in altri è dolce, spesso surriscaldamento delle parti sottili.	Ricuocere e ritemprare con riscaldamento lento ed uniforme.

Acciai per utensili.

A titolo di esempio si riportano, per alcuni tipi di acciai per utensili, gli impieghi caratteristici e le prescrizioni del fabbricante (Soc. An. Nazionale Cogne) per i vari trattamenti.

Marca	Impieghi caratteristici	Prescrizioni per i trattamenti
ACCIAI AL CARBONIO		
* 2 — ** 2 [1] duro *C* 1,30	Utensili da tornio e da piallatrice per lavorare materiali molto duri; lame da frese, punte da trapano, maschi, cuscinetti per filettare, scalpelli taglialime, trafile, ecc.	Fucinatura 1000/800 con riscaldamento e raffreddamento normale. Ricottura 700/750 Tempra 760/800 in acqua. Rinvenimento secondo le esigenze.
* 3 — ** 3 duro *C* 1,15	Punte da trapano, maschi, frese, alesatori, punte per tracciare e truschini, filiere, raschietti ecc.	
* 4 — ** 4 tenace, duro di uso universale	Per quasi tutti gli utensili a freddo destinati a lavorare a pressione, taglio, urto: piccole lame da cesoie; matrici per chiodi, aghi, ecc.; cuscinetti per filettare, stampi a freddo di forma semplice; punteruoli, raschietti, punzoni, ecc.	
* 5 — ** 5 tenace *C* 0,85	Per stampi e matrici a freddo, lame da cesoia, scalpelli a mano e per sbavare, punzoni per fori, mazze, martelli, trivelle da legno, arnesi da fabbro, ecc.	Fucin. 1050/800 con risc. e raffredd. normale. Ricottura 700/750 Tempra 770/810 in acqua. Rinv.: sec. esigenze.
* 6 — ** 6 molto tenace *C* 0,70	Per punzoni per cuoio e lamiere dolci, utensili da falegname; matrici, stampi di grandi dimensioni; incudini; arnesi da fabbro, forbici, coltelli, ecc.	Fucin. 1100/850 con risc. e raffr. normale. Ricottura 700/750 Tempra 770/810 in acqua. Rinv.: sec. esigenze.

[1]) Gli acciai ** sono ottenuti con processo di fabbricazione particolarmente accurato e sono da preferire agli acciai * nei casi di maggiore esigenza.

Marca	Impieghi caratteristici	Prescrizioni per i trattamenti
ACCIAI LEGATI PER LAVORAZIONI A FREDDO		
CTK 1 duro, tenace, poco deformabile *C* 1,15 *Cr* 1 *W* 1,20	Per utensili destinati a lavorare a freddo a bassa velocità che richiedono tempra in olio per la forma irregolare: alesatori, maschi, punte da trapano, frese, pettini per filettare, seghe a nastro per metalli, ecc.	Fucin. 1050/800 risc. e raffr. lento. Ricottura 750 Tempra 800/830 in olio. Rinv. sec. esigenze.
CLTM estremamente duro a grande durata del tagliente *C* 1,4 *Cr* 1 *W* 5 + *Va*	Per utensili da taglio destinati a lavorare a bassa velocità materiali durissimi o fortemente abrasivi: ghisa in conchiglia, cerchioni induriti, bronzi duri, materie plastiche, vetro, pietre, ecc.	Fucin. 1050/850 riscaldamento lento fino 800 poi rapido. Ricottura 750 Tempra 800/820 in acqua. Rinv. a 150° per utens. soggetti a urti - altrimenti non si rinviene.
ACCIAI RAPIDI		
MB *** acciaio rapido *Cr* 4,5 *W* 18 + *Va* + *Mo*	Adatto per lavorazioni ad elevata velocità di metalli duri.	Fucin. 1200/950 con risc. lentissimo fino a 850° poi rapido. Ricottura 820/850 Tempra 1240/1280° in olio o corrente d'aria. Rinvenim. 560/580.
EVEREST ** acciaio rapido superiore *Cr* 3,75 *W* 18 *Co* 9 + *Va* + *Mo*	Adatto per lavorazioni a velocità elevatissima di metalli duri.	Fucin. 1200/950 con riscald. lentissimo fino a 850 poi rapido. Ricottura 820/850 Tempra 1300 in olio o corrente d'aria. Rinvenim. 560/580.

§ 141. - Esercitazioni elementari sui trattamenti termici.

Tempra di uno scalpello. Supponiamo che lo scalpello sia di acciaio al carbonio *5 (vedi tabella a pag. 364).

Prima di procedere alla tempra è consigliabile effettuare la ricottura. Si riscalda il pezzo nel forno fino a 700 ÷ 750 °C, si mantiene a quella temperatura per circa due ore, poi si lascia raffreddare insieme con il forno (circa 15 °C per ora).

Quando la temperatura è arrivata a 600 °C il raffreddamento può essere proseguito all' aria.

Tempra. La tempra si effettua riscaldando la punta dello scalpello per una lunghezza di circa tre centimetri a temperatura non inferiore a 770 °C (rosso ciliegia).

Se non si dispone di un forno a bagno di sali, nè di altro forno, si riscalda lo scalpello nella fucina con fuoco moderato di carbone vegetale; poi si raffredda la punta immergendola in acqua, verticalmente, per circa un centimetro e agitando. Si estrae dal bagno lo scalpello, si pulisce rapidamente con tela smeriglio, o con la lima, la parte temprata e si attende che il calore, che si trasmette dalla parte ancora calda, faccia apparire le tinte di rinvenimento. Appena compare il colore richiesto (azzurro per lavorare il ferro, bleu per lavorare ghisa e viola per lavorare acciaio) si immerge di nuovo tutto lo scalpello nell' acqua e vi si mantiene fino a completo raffreddamento.

Dovendo ritemprare lo scalpello si effettuerà prima la ricottura per evitare che le tensioni della prima tempra si sommino a quelle della seconda.

La tempra ed il rinvenimento degli *utensili da tornio, pialatrice*, ecc., di acciaio al carbonio, si effettuano in maniera perfettamente analoga a quella descritta per lo scalpello.

I *maschi* e gli *alesatori* si temprano pure allo stesso modo ma per essi il rinvenimento si effettua dopo completo raffreddamento di tempra (rinvenimento dall' esterno).

Il riscaldamento, per il rinvenimento dall'esterno, si ottiene immergendo l' utensile in sabbia calda dopo averlo pulito con tela smeriglio. Appena si vede comparire il colore richiesto si raffredda in acqua.

Tempra di una fresa a disco (acciaio al carbonio **3). Il disco da cui deve ricavarsi la fresa dovrà avere un adeguato sopramетallo, sul diametro e sullo spessore, per tener conto della decarburazione e delle deformazioni di tempra.

Supponiamo di avere a disposizione un forno elettrico a resistenza munito di pirometro per il controllo della temperatura.

La ricottura si effettua riscaldando il pezzo, chiuso in cassetta contenente carbone di legna, in forno a 700 ÷ 750 °C per quattro ore e poi raffreddando lentamente.

Tempra. Si riscalda la fresa lentamente ed uniformemente fino a 760 ÷ 800 °C poi si toglie dal forno (riscaldare la bocca delle tenaglie con cui si afferra), si immerge rapidamente in acqua, in senso perpendicolare al foro centrale, e si agita fortemente.

Rinvenimento. Si estrae la fresa dal bagno dopo completo raffreddamento (basta che la sua temperatura sia inferiore a 150°), si pulisce con tela smeriglio, poi si riscalda nuovamente in forno fino alla temperatura di rinvenimento richiesta (per lavorare materiali di discreta durezza 250° : giallo oro). Si toglie la fresa dal forno e si immerge in acqua fino a completo raffreddamento.

Tempra di un utensile da tornio di acciaio rapido (MB***). Si procede prima alla ricottura. Per evitare la decarburazione superficiale si chiude l'utensile in una cassetta di lamiera contenente carbone di legna, poi si riscalda molto lentamente in forno fino a 820 ÷ 850 °C, si mantiene costante la temperatura per circa quattro ore, quindi si raffredda molto lentamente.

Tempra al fuoco della fucina. In mancanza di forni adatti si riscalda l'utensile al fuoco della fucina evitando di esporlo al getto d'aria della soffieria. Si introduce il tagliente nel fuoco, si riscalda lentamente fino al color rosso chiaro (850°C), quindi si porta rapidamente al color bianco (1240 ÷ 1280 °C). Il raffreddamento si ottiene facendo investire il nasello da un getto d'aria fornito dalla soffieria della fucina.

Non si pratica il rinvenimento.

La tempra al fuoco della fucina dà difficilmente buoni risultati.

Tempra di utensili di acciaio rapido. La tempra degli utensili di acciaio rapido, *anche di notevoli dimensioni e di forma complicata*, si effettua, con ottimi risultati e con rendimento costante, per mezzo di forni a bagni di sali, oppure di forni ad atmosfera controllata, capaci di raggiungere le alte temperature richieste. Si possono anche usare forni a muffola, caricando gli utensili in cassette piene di carbone di legna.

Dopo il riscaldamento lentissimo in forno a muffola fino a 850 °C gli utensili si immergono, per qualche minuto, nel forno a bagno di sali che li porta rapidamente alla temperatura di tempra, quindi si tolgono dal bagno e si raffreddano in olio o in aria soffiata.

Il rinvenimento si effettua riscaldando in bagno di sali o di piombo, oppure nel forno, a 560 ÷ 580 °C e poi raffreddando in aria.

§ 142. · Fogli di lavorazione.

Il foglio di lavorazione contiene il disegno costruttivo del pezzo e illustra le diverse fasi del procedimento di lavorazione.

Altre indicazioni in esso contenute sono:

1 - qualità, delle superfici che delimitano il pezzo;

2 - tolleranze di lavorazione [1]);

3 - qualità, forma e dimensioni del materiale, generalmente semilavorato, da cui si parte per la costruzione del pezzo:

4 - operazioni relative a ciascuna fase, illustrate mediante schizzi graduali;

5 - elenco degli attrezzi, utensili e strumenti occorrenti per la lavorazione;

6 - caratteristiche di taglio n, a, p, se il pezzo deve essere lavorato a macchina;

7 - tempo previsto per ciascuna fase.

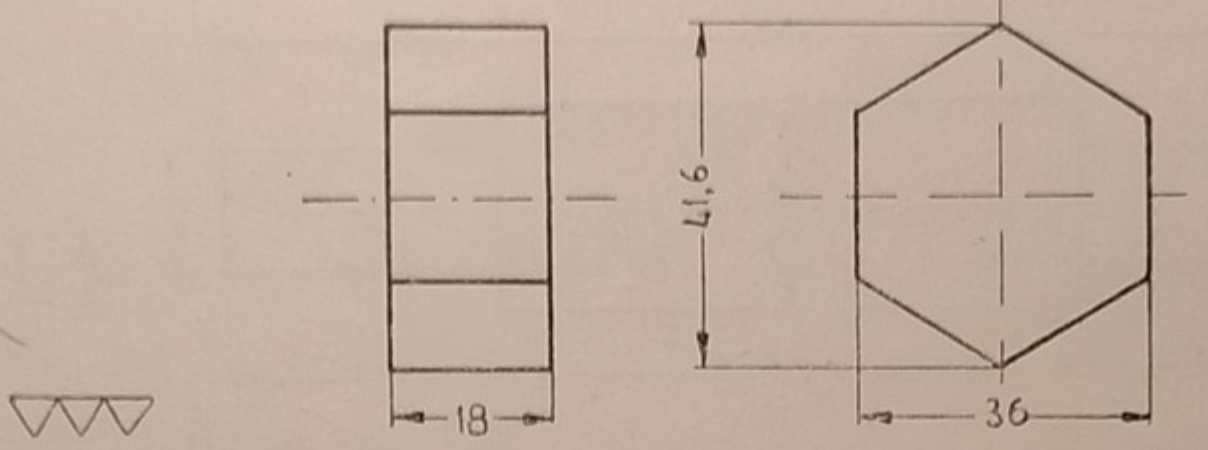
Il foglio di lavorazione viene compilato dall' ufficio tecnico della fabbrica e tutti gli operai sono tenuti a seguire le indicazioni che esso contiene.

A titolo di esempio si riportano due fogli di lavorazione.

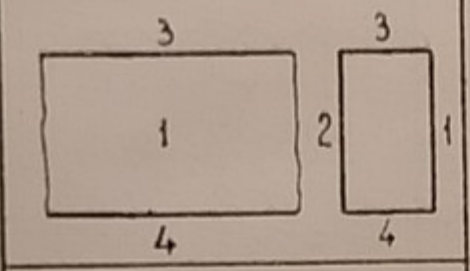
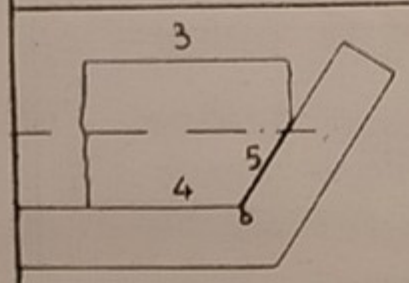
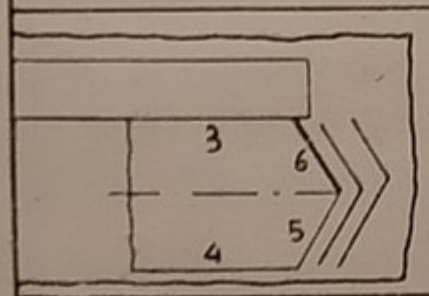
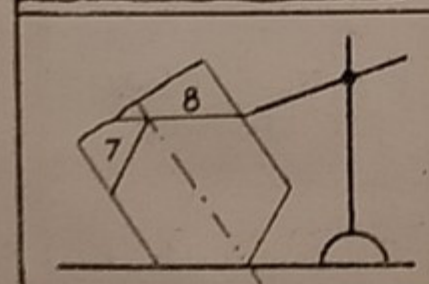
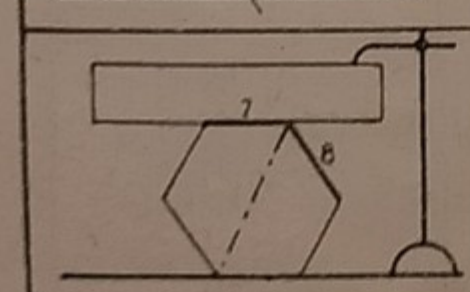
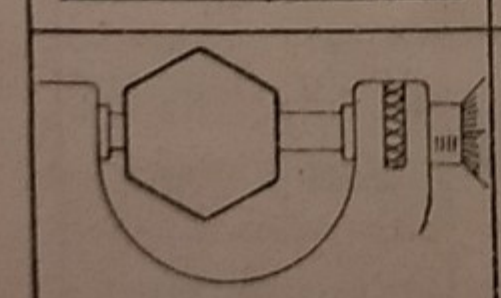
---

[1]) Ai pezzi isolati, cioè che non devono accoppiarsi, si assegnano tolleranze simmetriche (con i due scostamenti aventi eguale valore numerico).

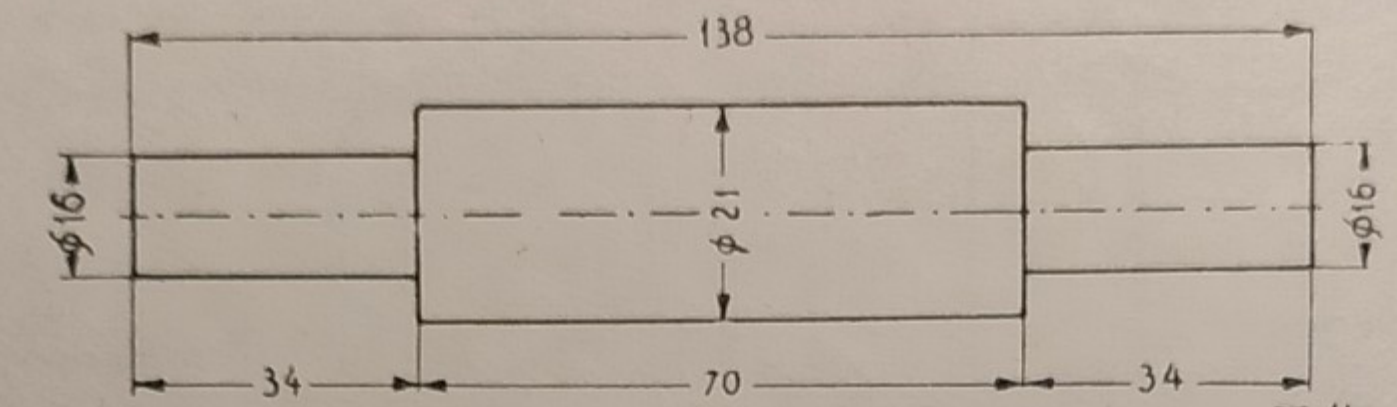
Scuola di Avviamento Industriale	Reparto Aggiustaggio Prisma esagonale	Classe Data Scala



Tolleranza: ± 0,05 su tutte le quote

FASI		Tempi parziali		Utensili, strumenti ed accessori.
SCHIZZI GRADUALI	OPERAZIONI			
	Spianare (sgrossare e lisciare) f. 1. " 2 parallela a 1. " 3 normale a 2. " 4 parallela a 3 secondo la quota.	1 1 1 2	30 30	Lima a taglio grosso Triangoli ½ dolce e dolcissimo. Squadra a 90°. Calibro 1/20 Piano di riscontro
	Spianare 5 a 120° con 4 normale a 1 e 2 fino ad oltrepassare l'asse di ~ 1 mm.	1	30	Graffietto Squadra a 120° Squadra a 90° Lime
	Spianare 6 a 120° con 3 normale a 1 e 2 e simmetrica a 5. Controllare simmetria con riga, foglio di carta e matita. Controllare i tre angoli con squadra 120°	2	30	Riga foglio di carta e matita. Squadre. Lime
	Rilevare spessore dell'esagono con graffietto e tracciare facce 7 e 8.		30	Piano di riscontro Graffietto
	Spianare 7 parallela a 5. " 8 " " 6. Controllare parallelismo con graffietto.	2 2		Piano di riscontro Graffietto Riga. Lime
	Controllare spessori con micrometro e rifinire.	1		Micrometro Triangolo a taglio dolcissimo
Foglio Part. N° Il Compilatore	Materiale occorrente: Acciaio 40×20×45	15	30	Classifica Il Direttore

Scuola di Avviamento Industriale	Reparto Torneria Tornitura cilindrica a gradini	Classe Data Scala



Tolleranza : ± 0,1 su tutte le quote

FASI		Caratt. di taglio			Tempi	Utensili, strumenti
SCHIZZI GRADUALI	OPERAZIONI	n	p	a	parziali	ed accessori
	Tracciare i centri e centrare.				30'	Piano di tracciatura Prisma a V Graffietto Martello Puntino. Punta per centrare.
2 1	Sfacciare la superficie 1, capovolgere il pezzo e sfacciare la superficie 2 alla quota indicata	560	-	a mano	25'	Brida Utensile sfacciatore Riga graduata Calibro 1/20
3	Sgrossare la superficie cilindrica 3.	180	0,8	0,13	35'	Brida Utensile sgrossatore Calibro 1/20
5 4	Sgrossare la ripresa 4, capovolgere il pezzo e sgrossare la ripresa 5.	180	0,8	0,13	35'	Brida Utensile sgrossatore Calibro 1/20
7 6	Sfacciare la superficie 6, capovolgere il pezzo e sfacciare la superficie 7.	560	-	a mano	30'	Brida Utensile sfacciatore Calibro 1/20
	Finire portando a quota.	315	0,2	0,05	40'	Brida Utensile finitore Calibro 1/20
Foglio Part. N°	Materiale occorrente:					Classifica
Il Compilatore	Acciaio ϕ 25 × 140				3 15'	Il Direttore

PARTE SESTA

LA PRODUZIONE E IL SUO COSTO

§ 143. - Determinazione del costo dei prodotti.

Le attività che determinano il vasto movimento di merci e di denaro nei mercati mondiali moderni sono di varia natura e riesce quasi impossibile catalogarle in campi ben distinti e separati. Tuttavia, per i limiti e per l'indole di questo trattato, di natura elementare, noi possiamo distinguerle in: *attività industriali, commerciali* e *bancarie, secondo che hanno per scopo la produzione di materie prime e d'oggetti finiti* (industriali), *lo scambio di prodotti* (commerciali) o *lo scambio di titoli o di denaro* (bancarie). A noi interessano solo le prime, quelle che danno luogo alla vita ed allo sviluppo delle diverse industrie civili. L'industria, che possiamo definire come l'opera creatrice di tutti gli oggetti che rispondono alle necessità ed ai bisogni umani (cibi, vesti, suppellettili, abitazioni, ornamenti, strumenti, veicoli di tutte le specie, materie prime naturali od artificiali, organi di macchine, macchine ecc.) può distinguersi in tanti rami o branche quante sono le accennate necessità. Quelle che però più ci importano sono le *industrie estrattive* (che estraggono dalla terra le varie materie prime) e quelle *manifatturiere* (che trasformano le materie prime in prodotti commerciabili).

Tutte le industrie, per poter esplicare il loro lavoro o la loro funzione, si organizzano in *aziende.*

Queste possono distinguersi, secondo il tipo della loro produzione, in tre categorie:

1ª - *Aziende con produzione in serie*, a prodotti differenti l'uno dall'altro, ma raggruppati in serie secondo la loro qualità. Così, per esempio, una fabbrica di automobili produce tutti gli organi meccanici necessari per formare uno o più tipi di automobili. Ogni tipo costituisce una serie e tutti gli organi uguali occorrenti al montaggio di ciascun tipo formano altrettante serie (telai, motori, freni, serbatoi, carrozzerie ecc.).

2ª - *Aziende con produzione continua in massa*, i cui prodotti non costituiscono unità distinte e separabili, ma una massa misurabile in volu-

me o in altre misure metriche (lunghezza, superficie, peso o capacità). Tali sono le industrie minerarie (producenti minerali, carboni fossili, petroli), quelle tessili (lanerie, cotonerie, seterie, iutifici ecc.), quelle metallurgiche e siderurgiche (prodotti siderurgici, metalli e leghe diverse), le fabbriche di oli, vernici, saponi ecc.

3ª - *Aziende con produzione discontinua differenziata*, i cui prodotti sono unità distinte e di varia specie. A questa categoria appartengono quasi tutti gli stabilimenti che producono macchine od organi meccanici in piccole quantità numeriche e che ricevono svariate ordinazioni dai privati. *Qualunque sia la categoria a cui l'industria appartiene è necessario che essa sia organizzata in modo da potere, in qualunque tempo e per qualunque reparto, determinare esattamente il costo dei suoi prodotti.* Tale conoscenza serve:

1º - *a determinare i limiti entro i quali deve essere contenuto il prezzo di vendita, per non produrre in perdita, in qualunque situazione di mercato;*

2º - *a stabilire la maggiore o minore convenienza economica di certe produzioni e di certi metodi di lavoro;*

3º - *a controllare l'efficienza lavorativa dei vari reparti ed uffici e provvedere opportunamente, secondo i bisogni, ad eliminare gli inconvenienti organizzativi o lavorativi;*

4º - *a ricercare le condizioni più economiche della produzione;*

5º - *a stabilire equamente i salari orari degli operai, gli stipendi mensili degli impiegati e gli onorari ed interessenze del personale direttivo e di concetto.*

Premesso che per *costo di un prodotto industriale* si intende *la somma effettiva di tutte le spese fatte per ottenerlo*, prima di passare allo studio sommario di tali spese, diciamo subito che l'accertamento del costo è cosa molto difficile e che richiede, specialmente nelle aziende a grande produzione e razionalmente organizzate, un complesso di organi espressamente delegati a tale mansione. A questo scopo le moderne direzioni di aziende industriali (distinte generalmente in Direzione Tecnica e Direzione Commerciale) hanno alle loro dipendenze diversi uffici. I più importanti di tali uffici, sottoposti alla Direzione Commerciale, sono:

1º - *Ufficio acquisti.*
2º - *Ufficio-costi prodotti.*
3º - *Ufficio-vendite.*

Questi uffici sono opportunamente collegati tra loro e coll' *Ufficio Preparazione Lavoro* (dipendente dalla Direzione Tecnica) che eseguisce lo *studio dei tempi di lavorazione* e dà *le norme esecutive* agli operai, di modo che le attività di tutti questi servizi si influenzano reciprocamente e tutte concorrono alla raccolta necessaria degli elementi costitutivi del costo dei prodotti da una parte, del prezzo di vendita e delle paghe dall' altra.

Non potendo più oltre estenderci su questo argomento, che è molto

complesso ed esula dai limiti del nostro programma, passiamo senz' altro a specificare i principali fattori del costo dei prodotti.

Questi sono tre:

1o - *Spesa d' acquisto delle materie prime,*

2o - *Spesa di compenso per la manodopera.*

3o - *Spese generali.*

Le materie prime sono i metalli, le leghe, i legnami, le terre da fonderia, gli isolanti ecc., insomma tutte quelle sostanze che sono *basi della fabbricazione* d' un oggetto. Esse vengono acquistate *a peso* (kg-q-t) o *a misura* (m-m^2-m^3-l-hl). Il loro costo è uguale al prodotto della quantità acquistata per il prezzo unitario e spesso supera sia la spesa per la manodopera che le spese generali.

La manodopera *è il lavoro che fa l'operaio per trasformare le materie prime in prodotti commerciali.* Essa è compensata con un *salario* che può essere conteggiato in diversi modi:

1o - *salario a termine* (un tanto all' ora);

2o - *salario a peso o a misura* (un tanto per una data quantità, in peso od in misura, di lavoro eseguito);

3o - *salario a cottimo* (un tanto per ogni operazione eseguita nella giornata lavorativa più il guadagno corrispondente al numero di operazioni compiute in più di quelle assegnate);

4o - *salario a premio* (un tanto fisso proporzionato al numero delle ore lavorative, più una frazione del risparmio di spesa conseguito accelerando la velocità di lavoro). Questi metodi di retribuzione si applicano secondo la convenienza e secondo la natura dell' azienda. Il *salario lordo* così conteggiato non viene corrisposto integralmente all' operaio. Questi invece percepisce il *salario netto,* che si ottiene da quello lordo togliendovi:

1o - *la quota d'assicurazione contro gli infortuni e le malattie professionali;*

2o - *la quota d' assicurazione per l' invalidità e la vecchiaia;*

3o - *il contributo sindacale;*

4o - *le eventuali ritenute per addebiti di lavorazioni mal fatte o di danni causati all' azienda da parte dell' operaio.*

Quest' ultima detrazione viene fatta per quote quindicinali, giacchè generalmente le paghe si fanno ogni quindicina, fino ad estinzione dell' addebito.

Le spese generali *sono tutte quelle spese che si fanno per mantenere in efficienza l' azienda* e sono di 3 specie:

1o - *Spese generali di manodopera (Direzione, contabilità, manodopera indiretta).*

2o - *Spese generali di esercizio (manuntenzione fabbricati, impianti, mobili e suppellettili; trasporti; magazzinaggio; cassa d' assicurazione e previdenza; cassa d' ammortamento del capitale d' impianto).*

3° - *Spese generali di consumo* (acqua, luce, riscaldamento, combustibili, lubrificanti ecc.).

Per *manodopera indiretta* si intende *qualunque lavoro che si fa per mettere l'operaio in grado di eseguire il suo compito* (taglio di barre e lamiere, fucinatura di pezzi, affilatura e tempera di utensili, fabbricazione di stampi e matrici, approntamento di maschere e di apparecchi di tranciatura, ecc.).

Il *capitale d'impianto* d'una azienda *è il denaro speso per iniziare l'attività dell'azienda* (compera del terreno; erezione di fabbricanti; impianti di macchinario, energia, luce, acqua, riscaldamento, aerazione; ammobigliamento di uffici e di magazzini; acquisto e posa in opera di mezzi di trasporto ecc.).

Questo capitale deve essere reintegrato, ossia trasformato nuovamente in moneta circolante, in un certo numero d'anni, pagando ciascun anno una somma che si chiama *quota d'ammortamento*. Tale somma è composta di una parte frazionaria del capitale da ricostituire e della quota annua dell'interesse che esso produrrebbe, se fosse impiegato in commercio od in banca, nel tempo in cui rimane inutilizzato. Determinate le diverse spese occorse per la produzione di un dato oggetto (le spese generali si applicano sempre con una percentuale del costo di produzione, giacchè è difficile rilevarle direttamente caso per caso), se indichiamo con n il numero o la quantità in peso o misura degli oggetti prodotti, con P il costo totale delle materie prime, con M quello della manodopera e con G le spese generali, il prezzo di costo unitario del prodotto conseguito risulta espresso dalla formula generale:

$$p = \frac{P + M + G}{n}.$$

Per chiarire l'uso che deve farsi praticamente di questa formula, occorre distinguere il tipo d'azienda a cui essa va applicata.

Se si tratta di azienda con produzione in serie, come per es. una fabbrica di biciclette di uno o più tipi, n indica il numero delle biciclette di ciascuna serie (una serie per tipo) e P, M, G si riferiscono a tutte insieme le biciclette della serie. Allora il costo unitario, p, *calcolato direttamente* secondo la formula, è il prezzo di costo di ogni bicicletta della serie considerata.

Se si tratta di azienda con produzione discontinua, come una fabbrica di macchinario di varie fogge e destinazioni, che lavora, solo dietro ordinazione della clientela, una macchina per tipo o un numero ristretto di macchine di un dato tipo, *la formula può usarsi ancora come nel primo caso*, indicando con n il numero delle macchine di ciascun tipo oppure una sola macchina, ma allora è evidente che ciascuna macchina (se si tratta di una macchina isolata) e ciascun gruppo (se si tratta di un piccolo numero di macchine di dato tipo) deve conteggiarsi per le spese P, M, G

in un conto proprio presso l' ufficio-costo prodotti e gli uffici connessi.

Se finalmente si è nel caso di un' azienda con produzione in massa, come per es., uno stabilimento producente rame elettrolitico, allora, si deve prima determinare il costo totale di tutte le operazioni compiute in determinato tempo (generalmente in una quindicina) e da questo, dividendo il costo totale per la quantità di materia prodotta nel tempo considerato, si deduce poi il costo unitario (nel nostro esempio il costo di una tonn. o di un quintale). Il costo di una operazione si ottiene infine dal prodotto del costo unitario così determinato per il quantitativo di materia ottenuta in detta operazione (quantitativo totale diviso per il numero delle operazioni).

Dagli esempi citati risulta che *nelle aziende a produzione in serie* o *a produzione discontinua il costo unitario del prodotto si ottiene con procedimento diretto* (ossia con l' analisi e la contabilizzazione diretta di ciascun fattore e di ciascun elemento delle varie spese), *mentre in quelle a produzione in massa si ottiene con procedimento indiretto.*

PARTE SETTIMA

GLI INFORTUNI SUL LAVORO

§ 144. - Illustrazione delle norme principali per la prevenzione degli infortuni sul lavoro.

Il lavoro, è *dovere sociale.* Si deve lavorare per l'interesse nazionale e per quello famigliare, perchè il benessere materiale e morale di tutti e di ciascuno è in gran parte il frutto di un lavoro compiuto. Ne viene di conseguenza il dovere sociale ed individuale di eliminare tutte le cause che possono determinare interruzioni di lavoro o menomare la capacità lavorativa. Fra queste cause importantissime sono quelle che vanno sotto il nome generico di « *infortuni sul lavoro* ». Questi possono distinguersi in due specie: *le disgrazie* prodotte da macchine, utensili, energie ecc. e le *malattie professionali* causate da cattive condizioni igieniche in cui si svolge il lavoro. Sia le une che le altre sono oggi oggetto di vigile, continua e ben organizzata assistenza da parte di molteplici enti, quali la Cassa per le Assicurazioni Sociali, quella contro gli Infortuni ecc., ma più che curare il male, è necessario prevenirlo, ossia prendere tutte le precauzioni occorrenti ad impedire che avvenga. A questo altissimo ed umanitario fine risponde l'opera dell'Associazione Nazionale per la Prevenzione degli Infortuni, opera di istruzione e di propaganda, che addita i pericoli, illustra gli accidenti che possono determinare l'invalidità temporanea o permanente, come pure la morte dei lavoratori, e prescrive le misure protettive da prendersi in tutti i rami dell'industria e

le norme profilattiche e prudenziali da eseguirsi in tutti i casi per evitare sia le disgrazie che le malattie professionali.

Un buon operaio non deve mai trascurare di obbedire a queste diverse prescrizioni per salvaguardare la propria salute, l'interesse dell'azienda che gli dà lavoro, quello proprio e quello della Nazione. Questo è imposto dal dovere e dalla

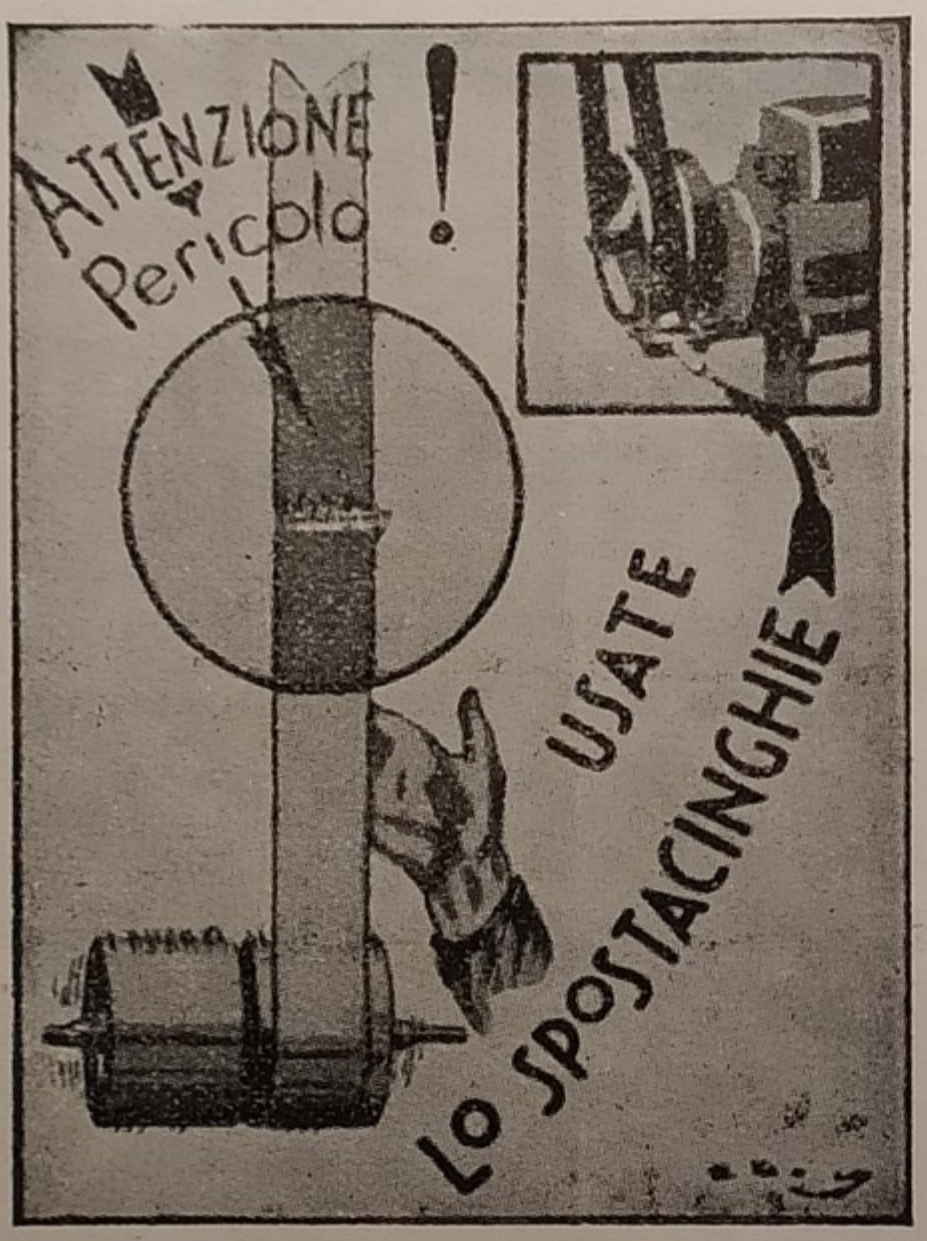


Fig. 374.

Fig. 375.

logica, ma non è raro il caso che, per ignoranza, per trascuratezza, per disattenzione, e, più spesso ancora, per la mancanza di quel comune buon senso, che dovrebbe essere la prima guida dell'uomo nell'esercizio delle sue facoltà lavorative, avvengano infortuni più o meno gravi e che sono causa di lutti e di dolore, oltrechè di forzate interruzioni di lavoro e di perdite di guadagno. Di qui la necessità di completare questo breve ed elementare corso di tecnologia meccanica colla illustrazione delle principali norme da seguirsi per prevenire gli infortuni e le malattie professionali. Più ampie avvertenze e delucidazioni sono fornite caso per caso da cartelli illustrati

e da prescrizioni stampate edite a cura dell' Associazione Nazionale per la Prevenzione degli Infortuni, di cui riproduciamo alcuni esemplari (figg. 374-375-376).

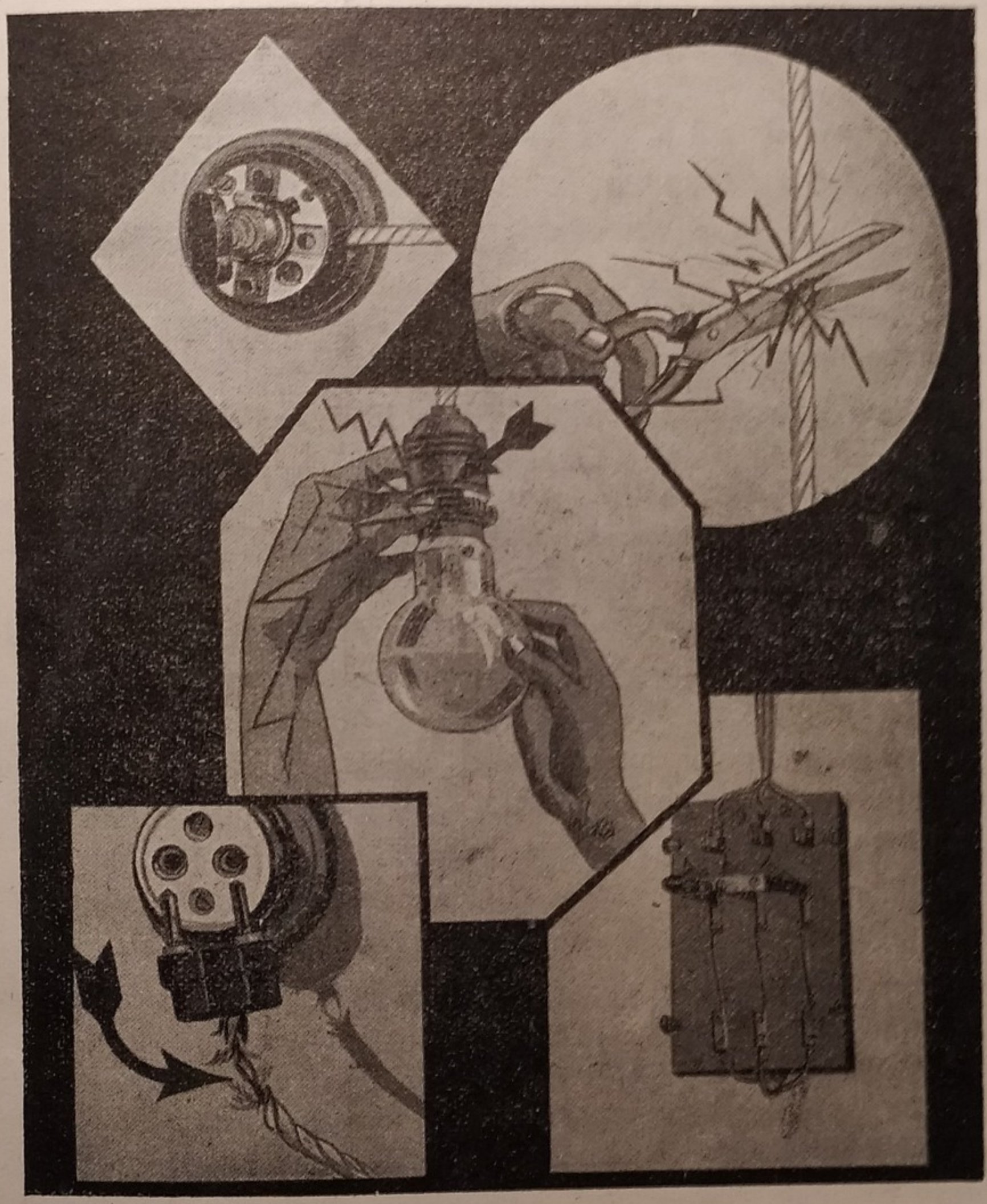


Fig. 370.

Prima norma da seguirsi è la vigilanza su se stessi e sui propri atti in prossimità delle macchine e degli impianti: evitare dunque imprudenze e disattenzioni, specialmente quando

la stanchezza diminuisce i nostri poteri inibitori e ci espone più facilmente ad azioni irriflessive.

Seconda norma: non accostarsi e non toccare organi di macchine di cui non si conosca bene la conformazione ed il funzionamento. Si eviteranno così dolorose sorprese.

Terza norma: lavorare sempre in abito da lavoro. Tale abito deve coprire tutta la persona, essere munito di cintura e stringersi ai polsi, per impedire che ne vengano fuori le maniche degli indumenti personali, che potrebbero facilmente impigliarsi, durante il lavoro, negli organi di macchine in moto.

Quarta norma: curare la propria nettezza personale, giacchè le ferite ed anche le piccole lesioni che possono prodursi nella persona sono più pericolose se avvengono quando si hanno le mani e il viso sporchi.

Quinta norma: disinfettare subito qualunque ferita, anche la più leggera ed insignificante, altrimenti si va incontro alle infezioni ed al tetano.

Le norme fin qui esposte sono di natura generale e quindi applicabili a qualunque specie di lavoro industriale. Esse non sono però sufficienti, da sole, alla salvaguardia completa della incolumità e dell'immunità dell'operaio e vengono perciò integrate da altre prescrizioni, sia *generali* che *specifiche* (adatte a ciascuna specie di lavoro).

Tutte le macchine debbono essere munite di speciali protezioni e ripari allo scopo di evitare che la rottura di alcuni loro organi possa dar luogo a proiezioni di parti contro gli operai che vi lavorano dappresso.

I motori che azionano le trasmissioni per macchine operatrici (magli, presse, punzonatrici, macchine-utensili di qualunque tipo) *debbono essere posti in movimento o fermati, dietro ordine dei capi responsabili dei reparti, dopo aver preavvisato tutti gli operai con segnalazioni acustiche* (generalmente col suono di campanelli elettrici o di fischietti).

Nessun operaio, all'infuori del personale autorizzato, può manovrare motori di qualunque specie.

Quando si deve riparare qualche guasto ad una macchina

bisogna prima fermarla ed attendere che sia completamente in riposo (tener conto dell' inerzia di moto).

Specialissima cura si deve avere dei motori e degli impianti elettrici, giacchè in essi, per la presenza della corrente elettrica, le probabilità di infortuni (scottature e fulminazioni) *sono maggiori che nelle altre macchine.* Si deve quindi assolutamente vietare agli operai non addettivi di farvi qualsiasi manovra o riparazione.

Norme relative alle trasmissioni e loro organi.

Oltre le prescrizioni che riguardano le misure di sicurezza da adottarsi nell' impianto delle trasmissioni e dei loro organi (pulegge, cinghie, rinvii, tenditori, alberi principali e secondari, leve di manovra, supporti e sostegni varî) è necessario tener presente che:

1° - *Tutti i lavori di manuntenzione e riparazione debbono essere affidati esclusivamente ad operai specializzati in tali lavori e direttamente responsabili.*

2° - *Per passare una cinghia da un gradino ad un altro del cono di pulegge di una macchina bisogna agire sul ramo conduttore della cinghia, mai su quello condotto* (altrimenti si può essere trascinati dalla cinghia).

3° - *Per lubrificare e pulire gli alberi di trasmissione, i supporti e in genere tutte le parti poste in alto bisogna usare scale ben assicurate al muro od ai sostegni fissi e che non possano scivolare sul pavimento* (scale portanti all' estremità superiore appositi uncini; scale doppie con catena di sicurezza).

4° - *Lo spostamento delle cinghie si deve fare, da persone capaci, con l' uso di adatti spostacinghie a mano* (aste di legno munite di appositi uncini).

5° - *Non bisogna mai lasciare cinghie scarrucolate su alberi in moto.*

6° - *L' oliatura dei supporti si deve fare, da chi vi è espressamente adibito, mediante oliatori muniti di tubetto d' efflusso lungo e sottile.*

7° - *La pulizia degli alberi va fatta con una spazzola assicurata in cima ad un' asta di legno o con un tampone a gola, guernito di tela smeriglio, fissato parimenti all' asta.*

Norme relative all' uso delle mole

Le mole sono usate largamente per molteplici usi (affilare, smerigliare, rettificare) e sono applicate a varie macchine (affilatrici, smerigliatrici, rettificatrici). Data la frequenza del loro uso e poichè da esse possono aversi infortuni, che vanno dalla semplice proiezione di una particella dell' utensile o del pezzo in lavoro nell' occhio del lavoratore, alle lesioni provocate da schegge, agli scoppi, all' as-orbimento (dannosissimo alla respirazione) di polveri di smeriglio ecc., è necessario soffermarsi alquanto a trattare le norme relative alla prevenzione degli inconvenienti accennati.

Anzitutto la mola, prima di essere montata, deve essere sottoposta ad uno scrupoloso esame per assicurarsi che sia perfettamente sana e scartarla se presenta la minima fessura (ciò si sente con leggeri colpi di martello battuti sulle facce; il suono sordo è indizio di frattura).

Secondariamente essa deve essere montata sul suo asse in modo:

1° - *che vi sia un leggero giuoco tra l' asse ed il foro del mozzo;*

2° - *che tra le piastre di fissaggio* (grandi) *e le facce della mola vi siano guarnizioni di 3 mm. di spessore di materia elastica* (feltro, caucciù, cuoio o cartone);

3° - *che le viti di serraggio delle piastre non siano eccessivamente strette;*

4° - *che la mola sia perfettamente centrata sul suo asse ed a perfetta squadra col medesimo.*

In terzo luogo è necessario:

1° - *che il reggi-pezzo per affilare sia vicino alla mola il più possibile e che non sia incavato per l' uso;*

2° - *che la mola venga scrupolosamente rettificata* (ossia regolarizzata col diamante) *quando non risulti perfettamente della forma prescritta, sia solcata od ovalizzata.*

Per impedire lo scoppio della mola non bisogna mai farla marciare a velocità superiore alla velocità di sicurezza prescritta dalle tabelle fornite dalle Ditte fabbricanti e per prevenire il

Fig. 377.

lancio di parti (prodotte da eventuali rotture) addosso a chi lavora, è prescritto che la mola sia coperta da una cuffia metallica per almeno $^3/_4$ della sua superficie, in modo che rimanga scoperta solo la porzione lavorante. Oltracciò, *è stretto obbligo per l'operaio che lavora alla mola l'uso degli occhiali (o meglio delle maschere) di riparo*, che debbono essere, per norma d'igiene, strettamente personali (Vedi fig. 377).

L'uso di questi mezzi di protezione (occhiali) è prescritto anche per chi lavora a macchina sui metalli, scalpella pietre o metalli o adopera mole o martelli pneumatici per finire getti di ghisa o d'altro.

Oltre a quanto si è detto, vi sono altre norme che prescrivono: il graduale avviamento della mola all'inizio della lavorazione, il non spostare il reggi-pezzo o i ripari durante il lavoro, l'evitare urti alla mola, il non lasciarla girare a vuoto dopo il lavoro, il dare avviso al capo reparto quando essa si mostri coperta di solcature o non funzioni regolarmente.

Norme relative all'uso delle seghe meccaniche.

Le seghe per metalli, che sono a moto alternativo e marciano a piccole velocità, non presentano inconvenienti agli affetti della facilità di provocare infortuni. Non così può dirsi delle seghe meccaniche, a nastro od a disco, che si usano per il taglio dei legnami, giacchè queste macchine sono veloci e, per il modo come funzionano e per gli incidenti a cui possono dar luogo, sono molto pericolose. La sega a nastro, di cui si è già parlato durante lo studio della lavorazione del legno (Vedi pag. 67, fig. 102) presenta l'inconveniente che può facilmente rompersi il nastro e sfuggire dalle pulegge attorno a cui è avvolto. I pericoli derivanti da ciò si eliminano colla copertura di protezione (Vedi pag. 68 fig. 103).

Più gravi e numerosi sono i pericoli a cui si è esposti colla *sega a disco* detta comunemente *sega circolare*. Oltre quello cui si va incontro, per inavvertenza od imprudenza, urtando colle mani contro il bordo dentato del disco in rotazione, vi sono altri accidenti che possono avvenire fortuita-

mente, indipendentemente dall' azione più o meno esperta e prudente dell' operaio: nodi che saltano sotto il taglio del disco, proiezione di particelle o di schegge, rottura del disco, espulsione del pezzo lontano dalla guida. Appositi ripari a rete ed a schermo si usano come mezzo di protezione per le seghe circolari.

L' Associazione Nazionale per la prevenzione degli infortuni prescrive inoltre:

1° - *che non si metta in moto la sega, se prima non si è constatato che tutti i suoi organi, compresi quelli per la lubrificazione e per la protezione, siano in ordine;*

2ª - *che non si facciano registrazioni o riparazioni senza prima aver posta la cinghia sulla puleggia folle ed aver assicurato lo spostacinghie in modo che non possa muoversi;*

3° - *che non si pulisca la macchina o se ne tolga la segatura quando è in moto;*

4° - *che non si salga sul banco della macchina, se prima il disco non è stato solidamente coperto;*

5° - *che non si passino i pezzi sopra il disco e che si tolgano facendoli scorrere sul banco in senso parallelo al disco stesso;*

6° - *che non si faccia girare a vuoto il disco per nessun motivo;*

7° - *che si seghino i pezzi corti e si finiscano di segare quelli lunghi, spingendoli contro il disco per mezzo di un pezzo di legno adatto.*

Norme relative all' uso delle presse e delle trancie.

Per la lavorazione colle presse e colle trancie l'Associazione Nazionale per la Prevenzione degli Infortuni dà molteplici norme ed avvertenze.

Queste riguardano:

1° - **L'impianto** che deve assicurare libertà di movimento

a chi lavora attorno alle macchine, facilità di transito e di pulizia, nettezza dei pavimenti e mancanza di ingombri.

2° - **L'illuminazione** che deve essere tale da non lasciare in ombra alcuna parte degli impianti e delle macchine.

3° - **La fermata della macchina** che deve avvenire, con adatti dispositivi, *istantaneamente* ed *in qualunque momento* del lavoro. I dispositivi variano secondo il tipo della macchina e sono costituiti di comandi separati, spostacinghie, disinnesti alla puleggia motrice, ecc.

4° - **I dispositivi di protezione e di sicurezza.** « Le presse e le trancie debbono essere munite di conveniente riparo al punzone od attrezzate in modo che, nella discesa del punzone, riesca impossibile di disporre la mano in posizione di pericolo ». (Circ. Min. n. 10048 del 9-9-925).

Allo scopo possono servire:

I) *l' alimentazione automatica* del materiale e l' applicazione di conveniente *schermo al punzone*, il quale impedisca di portare la mano in posizione di pericolo;

II) la *limitazione della corsa* del punzone (8 a 10 mm.) in modo che le dita non possano arrivare sotto di esso;

III) la *copertura del punzone*, nella parte superiore della corsa (*controguida* o *maschera*);

IV) *gli apparecchi scansamano*;

V) *i dispositivi di blocco della pressa* che entrano in funzione quando la mano si attarda sulla matrice;

VI) *l' impiego di ambo le mani per provocare l' innesto della macchina.*

Speciali norme indicano le condizioni a cui debbono soddisfare i vari ripari e dispositivi di sicurezza, che *debbono essere sempre montati colla massima accuratezza*, giacchè l' errato montaggio non solo produce un funzionamento irregolare degli apparecchi ed una incompleta protezione dell' operaio dai pericoli del lavoro, ma può dar luogo ad un ritardo di produzione della macchina e quindi ad una perdita economica.

N. B. — Per i limiti della presente pubblicazione non

possiamo estenderci a più ampi particolari. Chi voglia prenderne visione, può consultare l' Istruzione n. 649 dell' Associazione Nazionale per la Prevenzione degli Infortuni sul Lavoro. Tale istruzione è ampiamente corredata di nitide illustrazioni dei vari dispositivi di sicurezza adattati ai diversi tipi di presse e trancie.

Norme generali per gli impianti elettrici.

1° - *Gli operai non incaricati devono astenersi dal fare qualsiasi operazione sulle linee e gli apparecchi elettrici.* Nel caso che riscontrino qualche guasto, debbono avvertirne subito i loro capi.

2° - *Le parti metalliche nude degli impianti elettrici non si debbono mai toccare quando sono sotto tensione.*

3° - *Prima di compiere qualsiasi lavoro su linee od apparecchi elettrici, bisogna isolare* (ossia staccare) *la parte che si lavora dal resto dell' impianto*, servendosi degli interruttori, quando esistono, o delle valvole.

4° - *Ogni impianto elettrico deve essere provvisto, all'ingresso delle linee esterne di alimentazione, nel fabbricato, di un interruttore multipolare per ciascuna linea.*

5° - *Gli interruttori debbono essere muniti di cuffie o ripari isolanti, che lascino sporgere solo il manico.*

6° - *Gli interruttori debbono essere piazzati in modo da essere facilmente alla portata di chi deve manovrarli.*

7° - *Riparare subito, accuratamente, gli interruttori guasti.*

8° - *Le viti ed i morsetti d' attacco dei conduttori di alimentazione, quando siano accessibili, debbono essere protetti dal contatto.*

9° - *Le carcasse dei motori, le intelaiature metalliche dei quadri ecc., debbono essere collegati colla terra, tutte le volte che la tensione dell' impianto è uguale o maggiore di 300 Volta.*

10° - *Le prese di terra* (collegamenti dei fili colla terra) *vanno fatte accuratamente solo da personale esperto.*

11° - *Le valvole debbono avere dimensioni* (sezioni) *proporzionate alla intensità della corrente che deve attraversarle.*

12° - *I fili fusibili non debbono mai essere sostituiti con altri di maggiore portata.*

13° - *Prima di sostituire le valvole fuse, bisogna determinare la causa della fusione.*

14° - *Ogni valvola elettrica deve portare impressa a stampa l' indicazione della sua portata massima.*

15° - *Le valvole a piastrina debbono essere coperte dalla stessa cuffia dell' interruttore o da un coperchio isolante proprio.*

16° - *Disporre le valvole a piastrina a valle degli interruttori; sui motori disporle tra l' interruttore e il motore.*

17° - *Le valvole vanno poste in opera in modo che il contatto sia ben serrato e che le superfici di contatto siano ben pulite e non ossidate.*

18° - *Non sostituire mai le valvole con fili di rame o di altro metallo non appropriato.*

19° - *Escludere il più possibile i conduttori a treccia attorcigliata, specialmente all'esterno, nei locali umidi, o dove si sviluppano polveri o gas infiammabili; non applicarli su pareti o soffitti di materiali combustibili.*

20° - *Non appoggiare nulla sulle linee elettriche.*

21° - *Nei locali dei quadri e nelle cabine di trasformazione debbono entrare solo le persone autorizzate.*

22° - *Nei predetti locali non si debbono depositare materiali di nessuna specie.*

ESERCIZI

Parte I. - Tecnologia del legno.

1. - Determinare il peso specifico p di un pezzo di legno stagionato delle dimensioni di $12 \times 30 \times 6$ cm pesante 1,570 kg. ($p = 0{,}73$ kg/dm^3).

2. - Lo stesso per le dimensioni $10 \times 25 \times 7$ cm ed il peso di 1,225 kg.

3. - Lo stesso per le dimensioni $15 \times 15 \times 6$ cm ed il peso di 1,170 kg.

4. - Determinare il volume V (in m^3) di una tavola avente spessore $s = 5$ cm, larghezza $a = 0{,}25$ m, lunghezza $l = 4{,}5$ m.

5. - Lo stesso con $s = 2{,}5$ cm, $a = 0{,}30$ m, $l = 2{,}6$ m.

6. - » » » $s = 7$ cm, $a = 0{,}35$ m, $l = 4{,}7$ m.

7. - Il volume di parecchie tavole dello stesso spessore s e della stessa lunghezza l si determina moltiplicando la larghezza totale (sviluppo) per s e per l.

Determinare il volume di una partita di tavole aventi spessore $s = 3{,}5$ cm, lunghezza $l = 3{,}5$ m, e sviluppo di 35,8 m.

8. - Determinare il volume V (in m^3) di una trave squadrata a spigoli vivi della sezione 15×20 cm, lunga 6,5 m. ($V = 0{,}195$ m.^{3}).

9. - Lo stesso con $a = 0{,}20$ m, $b = 0{,}25$ m, $l = 7{,}5$ m.

10. - Lo stesso con $a = 0{,}30$ m, $b = 0{,}40$ m, $l = 8$ m.

11. - Per determinare il volume delle travi squadrate a spigoli smussati si calcola il volume del parallelepipedo circo-

scritto e si moltiplica per un coefficiente compreso tra 0,8 e 0,9 (secondo la regolarità).

Determinare il volume delle travi considerate negli esercizi n. 8, 9 e 10 supponendo che abbiano gli spigoli smussati (si adotti il coeff. 0,85).

*12. - Il volume di un palo si può determinare mediante la formula [1]) $V = \sim 0{,}262\ l\ (d^2 + D^2 + dD)$ dove l è la lunghezza, d il diametro minore [d si ottiene misurando due diametri d_1 e d_2, perpendicolari tra loro, alla estremità più piccola del tronco e facendo la media: $d = (d_1 + d_2)/2$] e D il diametro maggiore (ottenuto in maniera analoga).

Determinare il volume di un palo avente le seguenti misure: $d_1 = 0{,}33$ m, $d_2 = 0{,}35$ m, $D_1 = 0{,}56$ m, $D_2 = 0{,}60$ m, $l = 8{,}5$ m.

Si ha: $d = \dfrac{0{,}33 + 0{,}35}{2} = 0{,}34$ m, $D = \dfrac{0{,}56 + 0{,}60}{2} = 0{,}58$ m,

$V = \sim 0{,}262 \times 8{,}5\ (0{,}34^2 + 0{,}58^2 + 0{,}34 \times 0{,}58)$

$= 0{,}262 \times 8{,}5\ (0{,}1156 + 0{,}3364 + 0{,}1972) = \sim 1{,}446\ \text{m}^3$.

*13. - Lo stesso con $d_1 = 0{,}275$ m, $d_2 = 0{,}285$ m, $D_1 = 0{,}37$ m, $D_2 = 0{,}39$ m, $l = 4{,}2$ m.

*14. - Lo stesso con $d_1 = 0{,}17$ m, $d_2 = 0{,}19$ m, $D_1 = 0{,}255$ m, $D_2 = 0{,}265$ m, $l = 3{,}7$ m.

15. - Determinare il peso di una tavola avente le dimensioni $s = 7$ cm, $a = 0{,}30$ m, $l = 3{,}5$ m. e peso spec. $p = 0{,}67$.

16. - Lo stesso con $s = 8{,}5$ cm, $a = 0{,}32$ m, $l = 6$ m, $p = 0{,}80$ kg/dm^3.

---

* Gli esercizi contrassegnati con asterisco sono meno facili, oppure riguardano argomenti trattati nei paragrafi riportati in carattere più piccolo, oppure non sono diretta applicazione degli argomenti svolti nel testo.

[1]) Il volume di un tronco di cono avente i raggi delle basi r ed R ed altezza l è:

$$V = \frac{\pi}{3} l\,(r^2 + R^2 + r\,R) = \frac{\pi}{3} l \left[\frac{(2\,r)^2}{4} + \frac{(2\,R)^2}{4} + \frac{2\,r \times 2\,R}{4}\right] =$$

$$\frac{\pi}{3} l \times \frac{1}{4}(d^2 + D^2 + d\,D) = \frac{\pi\,l}{12}\ (d^2 + D^2 + d\,D) = \sim 0{,}262\ l\ (d^2 + D^2 + d\,D).$$

17. - Lo stesso con $s = 3{,}7$ cm, $a = 0{,}35$ m, $l = 4$ m, $p = 0{,}73$ kg/dm^3.

18. - Determinare il peso di una trave a spigoli smussati (coefficiente di riduzione 0,8) avente le dimensioni $a = b = 0{,}35$ m, $l = 5{,}5$ m e peso specifico $p = 0{,}57$ kg/dm^3.

19. - Lo stesso con $a = 0{,}25$ m, $b = 0{,}35$ m, $l = 4{,}8$ m, $p = 0{,}60$ kg/dm^3.

20. - Lo stesso con $a = 0{,}35$ m, $b = 0{,}45$ m, $l = 6{,}2$ m, $p = 0{,}68$ kg/dm^3.

21. - Determinare il peso di una trave a spigoli vivi avente $a = 0{,}42$ m, $b = {}^4/_7\ a$, $l = 5{,}70$ m, e $p = 0{,}83$ kg/dm^3.

22. - Lo stesso con $a = 0{,}28$ m, $b = {}^5/_7\ a$, $l = 4{,}30$ m, $p = 0{,}64$ kg/dm^3.

23. - Lo stesso con $a = 0{,}35$ m, $b = {}^4/_7\ a$, $l = 6{,}50$ m, $p = 0{,}64$ kg/dm^3.

*24. - Determinare il peso di un palo avente le seguenti misure: $d = 0{,}28$ m, $D = 0{,}36$ m, $l = 4{,}3$ m e $p = 0{,}48$ kg/dm^3.

*25. - Lo stesso con $d = 0{,}13$ m, $D = 0{,}25$ m, $l = 5$ m, $p = 0{,}73$ kg/dm^3.

*26. - Lo stesso con $d = 0{,}18$ m, $D = 0{,}30$ m, $l = 6$ m, $p = 0{,}85$ kg/dm^3.

PARTE II. - Nozioni sui metalli.

1) *Allungamento e contrazione percentuali.*

27. - Determinare l'allungamento percentuale di un acciaio sapendo che la lunghezza della provetta normale lunga dopo rottura è $L_u = 236$ mm.

Si ha:

$$A_{10} = \frac{L_u - L_o}{L_o} \times 100 = \frac{236 - 200}{200} \times 100 = \frac{36}{200} \times 100 = 18\,\%.$$

Nota. La misura della lunghezza L_u viene fatta riportando a contatto i due spezzoni in modo che le sezioni terminali in corrispondenza della rottura risultino combacianti tra loro.

28. - Lo stesso con $L_u = 212,\ 225,\ 230,\ 236,\ 244$ mm.

29. - Determinare l'allungamento percentuale di un acciaio sapendo che la lunghezza della provetta normale corta, dopo rottura, è $L_u = 122$ mm. $(A_5 = 22\ ^0/_0)$.

30. - Lo stesso con $L_u = 111,\ 117,\ 120,\ 125,\ 128$ mm.

31. - Determinare la contrazione percentuale dopo rottura sapendo che l'area della sezione minima (sezione di massima contrazione) della provetta normale del materiale in esame è $S_u = 210$ mm.^{2} $(C = 33\ ^0/_0)$.

32. - Lo stesso con $S_u = 102,\ 112,\ 128,\ 148,\ 164$ mm.^{2}

33. - Determinare la contrazione percentuale, dopo rottura, conoscendo due diametri ortogonali misurati nella sezione di massima contrazione della provetta normale: $d_1 = 15$ mm, $d_2 = 15{,}4$ mm.

Si ha: $d = \dfrac{15 + 15{,}4}{2} = 15{,}2$ mm.

Area sezione di massima contrazione:

$$S_v = \frac{\pi\ d^2}{4} = \frac{3{,}14 \times 15{,}2^2}{4} = 181{,}5 \text{ mm}^2.$$

$$C = \frac{S_o - S_u}{S_o} \times 100 = \frac{314 - 181{,}5}{314} \times 100 = \frac{132{,}5}{314} \times 100 = \sim 42\ ^0/_0.$$

34. - Lo stesso con $d_1 = 12{,}3$ mm e $d_2 = 12{,}7$ mm.

35. - » » » $d_1 = 11{,}7$ mm $d_2 = 12$ mm.

2) *Carico di rottura. Provette proporzionali.*

36. - Determinare il carico unitario di rottura a trazione sapendo che la provetta normale del materiale in esame si è rotta con il carico totale massimo $P = 13200$ kg.

$(R = \sim 42\ \text{kg}/_{\text{mm}^2})$

37. - Lo stesso con $P = 7000,\ 8500,\ 11000,\ 15600,\ 20000$ kg.

38. - Determinare il carico unitario di rottura a trazione sapendo che una barretta del materiale in esame, avente sezione

rettangolare 12×20 mm, si è rotta con il carico totale massimo $P = 14000$ kg. ($R = \sim 58$ kg/mm^2).

39. - Determinare il diametro d_o della barretta a sezione circolare che ha la stessa area S_o della barretta rettangolare considerata nell' esercizio precedente [1]). Determinare inoltre la lunghezza utile L_o della barretta sapendo che deve essere $L_o = 10\ d_o$ ($d_o = \sim 17{,}5$ mm, $L_o = 175$ mm).

Nota. - Una barretta a sezione rettangolare avente lunghezza utile $L_o = 10\ d_o$ si chiama provetta proporzionale lunga. Gli allungamenti (Ap) delle provette proporzionali risultano sensibilmente paragonabili con quelli delle corrispondenti provette normali.

40. - Determinare la lunghezza utile della provetta proporzionale corta avente sezione 6×10 mm sapendo che $L_o = 5\ d_o$ (d_o = diam. barretta a sez. circolare avente la stessa area) ($L_o = 43{,}75$ mm).

41. - Determinare la lunghezza delle barrette proporzionali lunghe e di quelle corte aventi sezioni: 6×12 mm, 7×13 mm, 5×11 mm, 11×18 mm, 13×21 mm.

*42. - Determinare la lunghezza della provetta proporzionale lunga avente sezione $S_o = 132$ mm^2 mediante la formula: $L_o = 11{,}3\ \sqrt{S_o}$. Si ha:

$$L_o = 11{,}3\ \sqrt{132} = 11{,}3 \times 11{,}49 = \sim 129{,}8 \text{ mm.}$$

*43. - Determinare la lunghezza della provetta proporzionale corta avente sezione $S_o = 98$ mm^2 mediante la formula $L_o = 5{,}65\ \sqrt{S_o}$. ($L_o = \sim 56$ mm)

---

[1]) Si ha: $S_o = \frac{\pi\ d_o^2}{4}$ da cui $d_o^2 = \frac{4}{\pi}\ S_o$ e quindi:

$$d_o = \sqrt{\frac{4}{\pi}}\ \sqrt{S_o} = \sim 1{,}13\ \sqrt{S_o}$$

La lunghezza utile L_o risulta: $L_o = 10\ d_o = 11{,}3\ \sqrt{S_o}$.
(Vedi esercizi n. 42, 43, 44).

*44. - Determinare le lunghezze delle provette proporzionali lunghe e corte aventi le seguenti sezioni:

112 mm², 124 mm², 137 mm², 145 mm², 170 mm².

45. - Una barretta di *Aq* 42 si è rotta per trazione sotto un carico totale $P = 5000$ kg. Quale sarà l'area S della sezione della barretta? ($S = \sim 119$ mm²)

46. - Lo stesso con *A* 37 e $P = 1800$ kg.

47. - » » » *Aq* 70 e $P = 4800$ »

3) *Carico di sicurezza.*

48. - Determinare il valore del carico a cui può essere sottoposta una barra di *Aq* 50, avente sezione circolare di diametro $d = 12$ mm, assumendo grado di sicurezza 7. Si ha:

Area sezione $S = 3{,}14 \times 12^2 = 113{,}1$ mm.²

Carico di sicurezza $K = 50 : 7 = 7{,}14$ kg/mm.²

Carico di lavoro della barretta $= \frac{113{,}1 \times 50}{7} = 807$ kg.

49. - Lo stesso con *Aq* 60, $d = 5$ mm, grado di sicurezza 6

50. - » » » *A* 50, $d = 7{,}5$ » » » 8

51. - Una barretta di *Aq* 37, avente sezione 9×14 mm, è sollecitata a trazione con un carico $P = 500$ kg. Determinare il grado di sicurezza. ($g.\ s. = 9{,}3$)

52. - Lo stesso con *Aq* 70, barretta a sezione circolare con $d = 4{,}5$ mm, $P = 200$ kg.

53. - Lo stesso con *A* 50, barretta a sezione quadrata con $l = 8$ mm, $P = 300$ kg.

54. - Determinare l'area S della sezione di una barretta di *Aq* 60 sapendo che sarà sottoposta a trazione con carico $P = 1400$ kg. Si assuma grado di sicurezza 8. ($S = 18{,}7$ mm²)

55. - Lo stesso con $P = 3000$ kg, *Aq* 70, $g.\ s. = 7$.

56. - » » » $P = 1200$ kg, *A* 37, $g.\ s. = 8$.

4) *Durezza Brinell.*

57. - Determinare la durezza Brinell sapendo che si è applicato sulla sfera il carico $P = 3000$ kg e che l'impronta lasciata sul pezzo ha l'area $S = 12,5$ mm.^{2} ($Hd = 240$)

58. - Lo stesso con $P = 1000$ kg, $S = 8,3$ mm.^{2}

59. - » » » $P = 750$ kg, $S = 4,5$ mm.^{2}

60. - Determinare Hd 5/750/15 sapendo che l'area dell'impronta è $S = 6,4$ mm.^{2}

61. - Lo stesso con Hd 5/250/15, $S = 3,07$ mm.^{2}

62. - » » » Hd 2,5/187,5/15, $S = 2,14$ mm.^{2}

*63. - Determinare Hd 10/3000/30 di un acciaio al carbonio sapendo che il diametro dell'impronta è $d = 4,1$ mm.

Si ha:

$$Hd = \frac{2\,P}{\pi\,D\,(D - \sqrt{D^2 - d^2})} = \frac{2 \times 3000}{3,14 \times 10\,(10 - \sqrt{10^2 - 4,1^2})}$$

$$= \frac{6000}{31,4\,(10 - \sqrt{100 - 16,81})} = \frac{6000}{31,4\,(10 - \sqrt{83,19})}$$

$$= \frac{6000}{31,4 \times 0,88} = 217$$

*64. - Lo stesso con Hd 10/3000/30 e $d = 3,7$ mm. ($Hd = 269$)

*65. - » » » Hd 5/750/30 e $d = 2,5$ mm.

66. - Determinare il carico di rottura approssimato degli acciai al carbonio di cui si è determinata la durezza Brinell negli esercizi 63, 64, 65. ($R = 0,34\ Hd$).

5) *Pesi specifici delle leghe metalliche.*

67. - Determinare il peso specifico dell'ottone OT 63.

Per ottenere 100 kg di OT 63 occorrono $Pr = 63$ kg di rame (peso sp. $pr = 8,93$) e $Pz = 37$ Kg. di zinco ($pz = 7,1$). Facendo la media ponderata si ha:

$$\text{p. sp. } OT\ 63 = \frac{P_r\ P_r + p_z\ P_z}{P_r + P_z} = \frac{8,93 \times 63 + 7,1 \times 37}{100} =$$

$$\frac{562,6 + 267,2}{100} = \sim 8,25 \text{ kg/dm}^3.$$

68. - L' *OT* 63 contiene anche piombo (che può essere aggiunto fino al 2,5 %) e varie impurezze (ferro, silicio, manganese, ecc.). Tenendo conto del piombo ($p_p = 11{,}34$) il peso sp. dell' *OT* 63 risulta:

$$\text{p. sp. } OT\ 63 = \frac{P_r\ P_z + p_z\ P_z\ p_p + P_p}{P_r + P_z + P_p}$$

$$= \frac{8{,}93 \times 63 + 7{,}1 \times 35 + 2 \times 11{,}34}{63 + 35 + 2} = \frac{562{,}6 + 284{,}5 + 22{,}7}{100}$$

$$= \sim 8{,}34\ \text{Kg/dm}^3.$$

Nota. - Il peso sp. dell' *OT* 63 determinato prelevando un campione dipende da vari fattori ed ha valore medio 8,41. La differenza col peso sp. calcolato è dovuta alla composizione chimica (impurezze), alla imperfetta omogeneità, ecc.

69. - Determinare il peso sp. dei bronzi *B* 20 e *B* 10.

70. - » » sp. degli ottoni *OT* 58 e *OT* 80.

*71. - Determinare il peso specifico dei metalli antifrizione *MB* 10 ed *MB* 80 (p. sp. antimonio = 6,67).

Parte III. - Lavorazione dei metalli.

6) *Fucinatura.*

72. - Determinare il peso *P* di esagono di acciaio occorrente per eseguire, mediante fucinatura, una vite grezza con testa esagona (fig. 378) avente $d = 14$ mm, $l = 80$ mm, $s = 22$ mm, $h = 10$ mm.

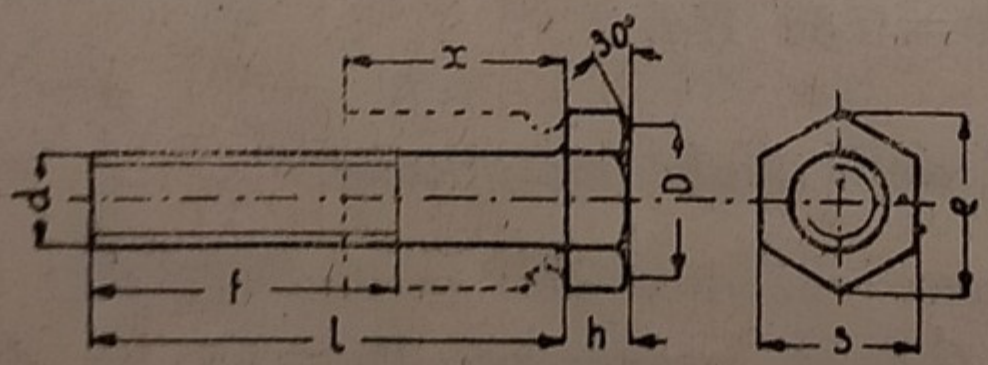


Fig. 378.

Si calcola prima il volume poi si moltiplica per il peso specifico dell'acciaio 7,85. Per tener conto dal calo, dovuto all' ossidazione, si aumenta il volume dal 5 al 10 % (secondo il numero delle calde, la forma più o meno complicata del pezzo, ecc.).

Si ha:

$$V_{\text{gambo}} = \frac{\pi\ d^2}{4}\ l = \frac{3{,}14 \times 14^2}{4} \times 80 = 154 \times 80 = 12320\ \text{mm}^3.$$

Per determinare il volume della testa esagona si calcola anzitutto il lato e dell' esagono. Dalla relazione:

Apotema $a = 0{,}866\ e = 11$ mm risulta:

$e = 11 : 0{,}866 = 12{,}7$ mm.

Area A esagono:

$$A = \frac{a\,p}{2} = \frac{11 \times 12{,}7 \times 6}{2} = 33 \times 12{,}7 = 419\ \text{mm}^2.$$

Si ha: $V_{\text{testa}} = 419 \times 10 = 4190\ \text{mm}^3$.

Per tener conto del calo e della rifinitura aumentiamo il volume del 10 %. Si ha:

$$V = 16500 + \frac{16500 \times 10}{100} = 16500 + 1650 = 18150\ \text{mm}^3 =$$

$\sim 0{,}018\ \text{dm}^3$.

Peso $P = 0{,}018 \times 7{,}85 = \sim 0{,}140$ kg.

La lunghezza L di barra che occorre prelevare risulta quindi:

$L = 18000 : 419 = \sim 43$ mm.

Per eseguire il gambo è necessario un tratto di barra esagona $x = \sim 33$ mm.

73. - Ripetere l' esercizio precedente aumentando il peso, per tener conto del calo di fucinatura, del 5 % anzichè del 10 %.

74. - Come l' esercizio n. 72 con le dimensioni:

$d = 14,\quad l = 170,\quad s = 23$ ed $h = 10$ mm.

75. - $d = 10,\quad l = 75,\quad s = 17$ ed $h = 7$ mm.

76. - $d = 42,\quad l = 200,\quad s = 65$ ed $h = 28$ mm.

77. - L' esercizio n. 72 si può risolvere più rapidamente valendosi delle tavole che danno il peso per metro di lunghezza del tondo e dell' esagono.

Il tondo di diametro $d = 14$ mm pesa 1,21 kg per metro, l' esagono di spessore $s = 22$ mm pesa 3,29 kg per metro.

Si ha: $P_{\text{gambo}} = 1{,}21 \times 0{,}08 = 0{,}0968$ kg.

$P_{\text{testa}} = 3{,}29 \times 0{,}01 = 0{,}0329$ »

$P = 0{,}1297$ kg.

$P + 10\,\%\ P = \sim 0{,}130 + 0{,}013 = 0{,}143$ kg.

La lunghezza di barra esagona che occorre prelevare risulta quindi :

$$L = 0{,}143 : 3{,}29 = \sim 0{,}043 \text{ m} = 43 \text{ mm}.$$

78. - Lo stesso con $d = 14$, $l = 60$, $s = 22$ ed $h = 10$ mm.

79. - » » » $d = 24$, $l = 230$, $s = 36$ ed $h = 16$ mm, sapendo che il tondo avente $d = 24$ mm pesa 3,55 kg/m e l' esagono avente $s = 36$ mm pesa 8,81 kg/m.

80. - Lo stesso con $d = 12$, $l = 150$, $s = 19$ ed $h = 7$ mm, sapendo che il tondo avente $d = 12$ mm pesa 0,888 kg/m e l' esagono avente $s = 19$ mm pesa 2,45 kg/m.

81. - Determinare il peso P di quadro di acciaio occorrente per eseguire, mediante fucinatura, una vite grezza con testa quadra larga avente $d = 8$ mm, $l = 70$ mm, $s = 19$ mm, $h = 5$ mm (vedi esercizio n. 72).

82. - Lo stesso con $d = 20$, $l = 130$, $s = 41$ ed $h = 11$ mm.

83. - » » » $d = 6$, $l = 45$, $s = 14$ ed $h = 4$ mm.

84. - » » » $d = 12$ (tondo : 0,888 kg/m), $l = 110$, $s = 27$ (quadro : 5,72 kg/m) e $h = 7$ mm.

85. - Lo stesso con $d = 24$ (tondo : 3,55 kg/m), $l = 220$, $s = 50$ (quadro : 19,6 kg/m) ed $h = 13$ mm.

86. . Lo stesso con $d = 30$ (tondo : 5,55 kg/m), $l = 130$, $s = 65$ (quadro : 33,2 kg/m) ed $h = 17$ mm.

7) *Conversione pollici in millimetri.*

87. - Un pezzo è lungo $l = 1\ {}^{5}/_{16}''$. Qual'è la sua lunghezza in mm ?

Si ha : $1\,\frac{5''}{16} = \frac{16'' + 5''}{16} = \frac{21''}{16} = \frac{21}{16} \times 25{,}4 \text{ mm} = 33{,}34 \text{ mm}.$

88. - Lo stesso con $l = 2\ {}^{5}/_{32}''$, $2\ {}^{3}/_{4}''$, $1\ {}^{5}/_{8}''$. $3\ {}^{7}/_{16}''$, $1\ {}^{35}/_{64}''$.

89. - Un pezzo ha lo spessore $s = 12{,}3$ mm. Determinare il suo spessore in pollici con l' approssimazione di ${}^{1}/_{64}''$.

Si ha: $12{,}3 \text{ mm} = \frac{x''}{64} \times 25{,}4 \text{ mm}$, da cui $x = \frac{12{,}3 \times 64}{25{,}4} = \sim 31$

e quindi: $12{,}3 \text{ mm} = \sim \frac{31''}{64}$.

90. - Lo stesso con $s = 4{,}4$ mm, $a = {}^1/_{64}''$.

91. - » » » $s = 7{,}1$ mm, $a = {}^1/_{32}''$.

92. - » » » $s = 17{,}5$ mm, $a = {}^1/_{16}''$.

93. - » » » $s = 15{,}8$ mm, $a = {}^1/_{8}''$.

8) *Approssimazione calibri con nonio.*

94. - Un calibro ha l'approssimazione di ${}^1/_{128}''$. Qual'è l'approssimazione in millimetri equivalente?

95. - Lo stesso per $a = {}^1/_{64}''$, ${}^1/_{256}''$, ${}^1/_{1024}''$.

96. - Determinare l'approssimazione a di un calibro sapendo che il più piccolo tratto del fisso è $l = {}^1/_2$ mm ed il nonio è diviso in 25 parti eguali.

Si ha: $a = \frac{l}{n} = \frac{1}{2} : 25 = \frac{1}{50}$ di mm.

97. - Lo stesso con $l = {}^1/_{16}''$ ed $n = 16$.

98. - » » » $l = {}^1/_{32}''$ ed $n = 16$.

99. - » » » $l = {}^1/_{32}''$ ed $n = 8$.

100. - » » » $l = 60'$ ed $n = 12$.

101. - » » » $l = 30'$ ed $n = 15$.

102. - Un calibro a corsoio ha il nonio con approssimazione di ${}^1/_{20}$ di mm. Quale frazione di pollice si dovrebbe leggere al nonio per pollici per avere la stessa approssimazione?

Si ha: $\frac{1}{20} = \frac{25{,}4}{2^x}$ da cui $2^x = 25{,}4 \times 20 = 508$

Risulta :.... $2^7 = 128$, $2^8 = 256$, $2^9 = 512$.

Si avrebbe un'approssimazione leggermente superiore a quella del nonio decimale se il nonio per pollici consentisse la lettura del cinquecentododicesimo di pollice (${}^{1''}/_{512} = \sim 0{,}0448$ mm).

103. - Lo stesso per $a = {}^1/_{25}$, ${}^1/_{50}$, ${}^1/_{100}$ di mm.

9) *Approssimazione micrometri.*

104. - Di quanto si sposta, lungo il proprio asse, una vite micrometrica di passo $p = {}^1/_2$ mm per una rotazione di 47 giri e ${}^9/_{50}$ di giro?

Si ha:

$$\text{Spostamento } s = \left(47 + \frac{9}{50}\right) \times \frac{1}{2} = \frac{47 \times 50 + 9}{50} \times \frac{1}{2} = \frac{2359}{100}$$

$= 23{,}59$ mm.

105. - Lo stesso con $p = \frac{1}{2}$ mm, 31 giri e $\frac{32}{50}$ di giro

106. - » » » $p = 1$ mm, 17 giri e $\frac{75}{100}$ di giro

107. - » » » $p = \frac{1''}{40}$, 13 giri e $\frac{7}{25}$ di giro

108. - Determinare quanti giri deve fare una vite micrometrica del passo di ${}^1/_2$ mm per spostarsi di 25 mm. Quanti ne deve fare una vite del passo di 1 mm?

109. - Determinare l'approssimazione a di un micrometro avente passo della vite micrometrica $p = {}^{1''}/_{40}$ ed il lembo diviso in $n = 25$ parti.

Si ha:

$$a = \frac{p}{n} = \frac{1''}{40} : 25 = \frac{1''}{40 \times 25} = \frac{1''}{1000} = 0'',001 = 0{,}0254 \text{ mm.}$$

110. - Lo stesso con $p = \frac{1}{2}$ mm ed $n = 50$ parti.

111. - » » » $p = 1$ mm ed $n = 100$ parti

112. - » » » $p = \frac{1''}{32}$ mm ed $n = 32$ parti.

113. - Realizzare mediante blocchetti pianparalleli la dimensione 28,473 mm. (Vedi pag. 168).

Si sceglie anzitutto il blocchetto 1,003, poi 1,07, infine 1,4 e si ha 3,473. Si devono ancora aggiungere blocchetti per formare 25 mm, cioè 20 + 5.

1,003 +
1,07
1,4
5
20
28,473

114. - Lo stesso per le dimensioni 7,021 ; 3,304 ; 11,176.

10) *Elementi geometrici delle filettature.*

115. - Una vite ha $z = 2\,{}^{7}/_{8}$ filetti per pollice. Determinare il passo p in mm (pag. 185 e 186).

Si ha : $p = \dfrac{25,4}{Z} = \dfrac{25,4}{2+\frac{7}{8}} = \dfrac{25,4}{\frac{23}{8}} = \dfrac{25,4 \times 8}{23} = 8,835$ mm.

116. - Lo stesso per $Z = 4\,{}^{1}/_{2}$, $3\,{}^{1}/_{4}$, $2\,{}^{5}/_{8}$ filetti per pollice.

117. - Determinare l'altezza del triangolo generatore della filettatura *MA* 90 (metrica *A* con diametro esterno di 90 mm) sapendo che ha il passo $p = 6$ mm (vedi tabella UNI 159 a pag. 186).

Si ha :

$$h = 0,866\ p = 0,866 \times 6 = 5,196 \text{ mm.}$$

118. - Lo stesso per $p = 3$; 3,5 ; 4 ; 4,5 ; 5 mm.

119. - Determinare l' altezza f del filetto della filettatura *MB* 2 ($p = 0,25$ mm).

Si ha :

$$f = 0,6495\ p = 0,6425 \times 0,25 = 0,162 \text{ mm.}$$

120. - Lo stesso con *MB* 3, $p = 0,35$ mm.

121. - » » » *MB* 4, $p = 0,5$ mm.

122. - » » » *MB* 6, $p = 0,75$ mm.

123. - » » » *MB* 10, $p = 1$ mm.

124. - Determinare il diametro medio della filettatura *MB* 2.

Si ha (vedi esercizio 104):

$$d_m = d - f = 2 - 0,162 = 1,838 \text{ mm.}$$

125. Lo stesso per le filettature *MB* 3, *MB* 4, *MB* 6.

126. - Lo stesso con *MB* 10, $p = 1$ mm.

127. - » » » *MB* 10, $p = 1{,}5$ mm.

128. - » » » *MB* 25, $p = 2$ mm.

129. Determinare il diametro del nocciolo *dn*, la sezione del nocciolo ed il raggio *r* di arrotondamento della filettatura *MB* 2 (vedi esercizio n. 119).

Si ha: $d_n = d - 2f = 2 - 2 \times 0{,}162 = 2 - 0{,}324 = 1{,}676$ mm.

$$\text{Sezione del nocciolo} = \frac{\pi \ d_n^{\,2}}{4} = \frac{3{,}14 \times 1{,}676^2}{4} = 2{,}21 \text{ mm.}^2$$

$r = 0{,}1082 \ p = 0{,}1082 \times 0{,}25 = 0{,}027 = \sim 0{,}3$ mm.

130. - Lo stesso con *MB* 10, *MB* 12, *MB* 25.

131. - Determinare l'altezza *h* del triangolo generatore, l'altezza *f* del filetto, il diametro medio, la sezione del nocciolo ed il raggio di arrotondamento della filettatura *MB* 40 ($p = 4$ mm.)

132. - Lo stesso con *MB* 56 ($p = 4$ mm).

133. - » » » *MB* 400 ($p = 4$ mm).

134. - » » » *MA* 189 ($p = 6$ mm).

135. - » » » *MA* 500 ($p = 6$ mm).

11) *Tolleranze e scostamenti.*

136. - Si vogliono produrre in serie alberi della dimensione nominale $D = 16$ mm, aventi diametri compresi tra 15,998 e 16 mm.

Determinare la tolleranza *t* e gli scostamenti *Ss* ed *Si* in mm.

137. - Lo stesso con $D = 16$ e diametri compresi tra 15,900 e 16 mm.

138. - Lo stesso con $D = 32$ e diametri compresi tra 31,060 e 32,120 mm.

139. - Lo stesso con $D = 40$ e diametri compresi tra 40,032 e 40,050 mm.

140. - Lo stesso con $D = 71$ e diametri compresi tra 70,940 e 70,960 mm.

141. - Si vogliono produrre in serie "fori„ della dimensione nominale $D = 100$ mm, aventi diametri compresi tra 100 e 100, 200 mm.

Determinare la tolleranza t e gli scostamenti Ss ed Si in mm.

142. - Lo stesso con $D = 160$ e diametri compresi tra 160 e 160,250 mm.

143. - Lo stesso con $D = 250$ e diametri compresi tra 259,850 e 259,910 mm.

144. - Lo stesso con $D = 400$ e diametri compresi tra 358,900 e 359,300 mm.

145. - Lo stesso con $D = 63$ e diametri compresi tra 63,055 e 63,075 mm.

146. - Si vogliono produrre in serie alberi aventi diametro indicato sul disegno con la quota $25^{-0,009}_{-0,025}$. Determinare la dimensione massima e quella minima ammesse e la tolleranza t in mm.

147. - Come l'esercizio precedente con quote:

$25^{-0,022}_{-0,045}$; $32^{-0,150}_{-0,350}$; $63^{\pm 0,15}$; $90^{+0,90}_{+0,65}$; $200^{+0,060}_{+0,030}$.

148. - Si vogliono produrre in serie "fori„ aventi diametro indicato sul disegno con la quota $120^{+0,095}_{+0,040}$. Determinare la dimensione massima e quella minima ammesse e la tolleranza t in mm.

149. - Come l'esercizio precedente con quote:

$315^{-0,060}_{-0,035}$; $80^{+0,070}_{+0,030}$; $125^{\pm 0,060}$; $224^{+0,035}_{+0,018}$; $112^{+0,450}_{+0,200}$.

150. - Si vogliono produrre in serie "fori„ aventi la dimensione nominale $D = 50$ mm, con scostamento inferiore $Si = +130$ micron (μ) e tolleranza $t = 62$ μ. Determinare lo

scostamento superiore Ss, la dimensione massima e quella minima ammesse.

Si ha : $Ss = Si + t = +130 + 62 = +192\ \mu$

D mass $= 50{,}192$ mm ; D min. $= 50{,}130$ mm.

151. - Lo stesso con $D = 140$ mm, $Si = +460\ \mu$, $t = 250\ \mu$ ($Ss = +710\ \mu$)

152. - Lo stesso con $D = 8$ mm, $Si = +140\ \mu$, $t = 30\ \mu$ ($Ss = +170\ \mu$)

153. - Lo stesso con $D = 12{,}5$ mm, $Si = 0$, $t = 11\ \mu$ ($Ss = +11\ \mu$)

154. - Lo stesso con $D = 16$ mm, $Si = -9\ \mu$, $t = 11\ \mu$ ($Ss = +2\ \mu$)

155. - Lo stesso con $D = 45$ mm, $Si = -25\ \mu$, $t = 25\ \mu$ ($Ss = 0\ \mu$)

156. - Lo stesso con $D = 56$ mm, $Si = -51\ \mu$, $t = 30\ \mu$ ($Ss = -21\ \mu$)

157. - Si vogliono produrre in serie alberi aventi la dimensione nominale $D = 112$ mm con $Ss = -240\ \mu$ e $t = 87\ \mu$. Determinare Si, D mass e D min.

Si ha : $Si = Ss - t = -240 - 87 = -327\ \mu$

D mass $= 112 - 0{,}240 = 111{,}760$ mm.

D min $= 112 - 0{,}327 = 111{,}673$ mm.

158. - Lo stesso con $D = 265$ mm, $Ss = -17\ \mu$, $t = 32\ \mu$

159. - » » » $D = 118$ » $Ss = 0$ » $t = 35$ »

160. - » » » $D = 17$ » $Ss = +8$ » $t = 11$ »

161. - » » » $D = 500$ » $Ss = +20$ » $t = 40$ »

162. - » » » $D = 170$ » $Ss = +108$ » $t = 40$ »

12) *Giuochi e interferenze.*

163. - Determinare il giuoco G di un accoppiamento avente il foro della dimensione effettiva di 79,090 mm e l'albero della dimensione effettiva di 80,050 mm.

164. - Lo stesso con foro di 25 mm, albero 24,930 mm.

165. - » » » foro di 90,060 mm, albero 90 mm.

166. - Determinare l' interferenza *I* di un accoppiamento sapendo che, prima di connettere i due pezzi, l' albero ha la dimensione effettiva di 120,037 mm ed il foro ha la dimensione effettiva di 119,992 mm.

167. - Lo stesso con albero 32,250 mm, foro 32,170 mm.

168. - » » » albero 124,870 mm, foro 124,550 mm.

169. - Determinare il giuoco massimo *G* mass ed il giuoco minimo *G* min dell' accoppiamento (mobile) rappresentato nella fig. 378.

Si ha: *D* mass foro = 63,186 —
D min alb. = 62,981

G mass = 0,205 mm.

D min foro = 63,140 —
D mass alb. = 63

G min = 0,140 mm.

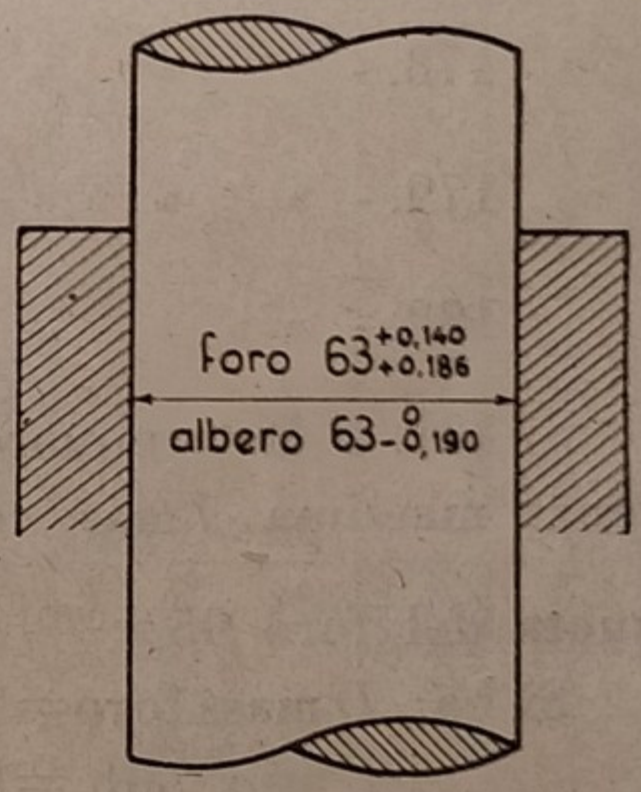


Fig. 378.

Nota. - *G* mass può anche ottenersi facendo la differenza tra *Ss* del foro ed *Si* dell'albero: $G\text{mass} = 186 - (-19) = 186 + 19 = 205\ \mu$

Analogamente *G* min può ottenersi facendo la differenza tra *Si* del foro ed *Ss* dell' albero: *G* min = 140 — 0 = 140 μ.

170. - Lo stesso con le quote: foro $8\,^{0}_{-0,009}$, albero $8\,^{+0,150}_{+0,172}$

171. - » » » » foro $20\,^{0}_{-0,013}$, albero $20\,^{+0,065}_{+0,098}$

172. - » » » » foro $90\,^{0}_{-0,220}$, albero $90\,^{+0,170}_{+0,257}$

173. - » » » » foro $63\,^{0}_{-0,030}$, albero $63\,^{+0}_{+0,046}$

174. - » » » » foro $50\,^{-0,080}_{-0,180}$, albero $50\,^{0}_{+0,039}$

175. - Determinare l'interferenza massima I mass e quella minima I min dell'accoppiamento (stabile) avente la quota del foro $280\,^{0}_{+0,081}$ e la quota dell'albero $280\,^{+0,270}_{+0,218}$.

Si ha: D mass albero $280{,}270 -$ D min albero $280{,}218 -$
D min foro 280 D mass foro $280{,}081$
I mass $=$ $0{,}270$ mm. I min $=$ $0{,}137$ mm.

Nota. Si ha anche: I mass $= Ss$ alb. $- Si$ foro $= 270 - 0 = 270\ \mu$
I min $= Si$ alb. $- Ss$ foro $= 218 - 81 = 137\ \mu$

176. - Lo stesso con le quote: foro $75\,^{0}_{+0,046}$ albero $75\,^{+0,132}_{+0,102}$

177. - » » » » foro $140\,^{0}_{+0,630}$ albero $140\,^{+0,268}_{+0,165}$

178. - » » » » foro $90\,^{-0,170}_{-0,224}$ albero $90\,^{0}_{-0,035}$

179. - » » » » foro $224\,^{-0,260}_{-0,375}$ albero $224\,^{0}_{-0,046}$

180. - » » » » foro $180\,^{-0,230}_{-0,293}$ albero $180\,^{0}_{-0,040}$

181. - Determinare il giuoco massimo G mass e l'interferenza massima I mass dell'accoppiamento (incerto) avente la quota del foro $95\,^{0}_{+0,054}$ e la quota dell'albero $95\,^{+0,048}_{+0,013}$

Si ha: D mass foro $= 95{,}054 -$ D mass alb. $= 95{,}048 -$
D min alb. $= 95{,}013$ D min foro $= 95.000$
G mass $=$ $0{,}041$ mm. I mass $=$ $0{,}048$ mm.

Nota. Si ha anche: G mass $= Ss$ foro $- Si$ alb. $= +54 - 13 = 41\ \mu$
I mass $= Ss$ alb. $- Si$ foro $= +48 - 0 = 48\ \mu$

182. - Lo stesso con le quote: foro $125\,^{-0,055}_{+0,008}$ albero $125\,^{0}_{-0,063}$

183. - » » » » foro $80\,^{-0,058}_{-0,004}$ albero $80\,^{0}_{-0,046}$

184. - » » » » foro $250\,^{-0,025}_{+0,047}$ albero $250\,^{0}_{-0,072}$

185. - » » » » foro $14\,^{0}_{+0,089}$ albero $14\,^{+0,068}_{+0,050}$

186. - » » » » foro $355\,^{0}_{+0,089}$ albero $355\,^{+0,029}_{-0,028}$

187. - Data la dimensione nominale $D = 112$ mm, gli

scostamenti del foro $Si = +410\ \mu$, $Ss = +497\ \mu$ e quelli dell'albero $Ss = 0$, $Si = -54\ \mu$, determinare:

1° - la dimensione massima e quella minima del foro;
2° - la dimensione massima e quella minima dell'albero;
3° - la tolleranza del foro e quella dell'albero;
4° - Gmass e Gmin ovvero Imass e Imin;
5° - dire se l'accoppiamento è mobile, incerto, o stabile;
6° - eseguire il disegno schematico dei campi di tolleranza (fig. 378).

Si ha:

foro $\begin{cases} D\,\text{mass} = 112{,}597\ \text{mm}, \\ D\,\text{min} = 112{,}410\ \text{mm}. \\ t = 87\ \mu \end{cases}$

albero $\begin{cases} D\,\text{mass} = 112\ \text{mm}, \\ D\,\text{min} = 111{,}946\ \text{mm}. \\ t = 54\ \mu \end{cases}$

$G\,\text{min} = 410\ \mu$
$G\,\text{mass} = 551\ \mu$
Accoppiamento mobile

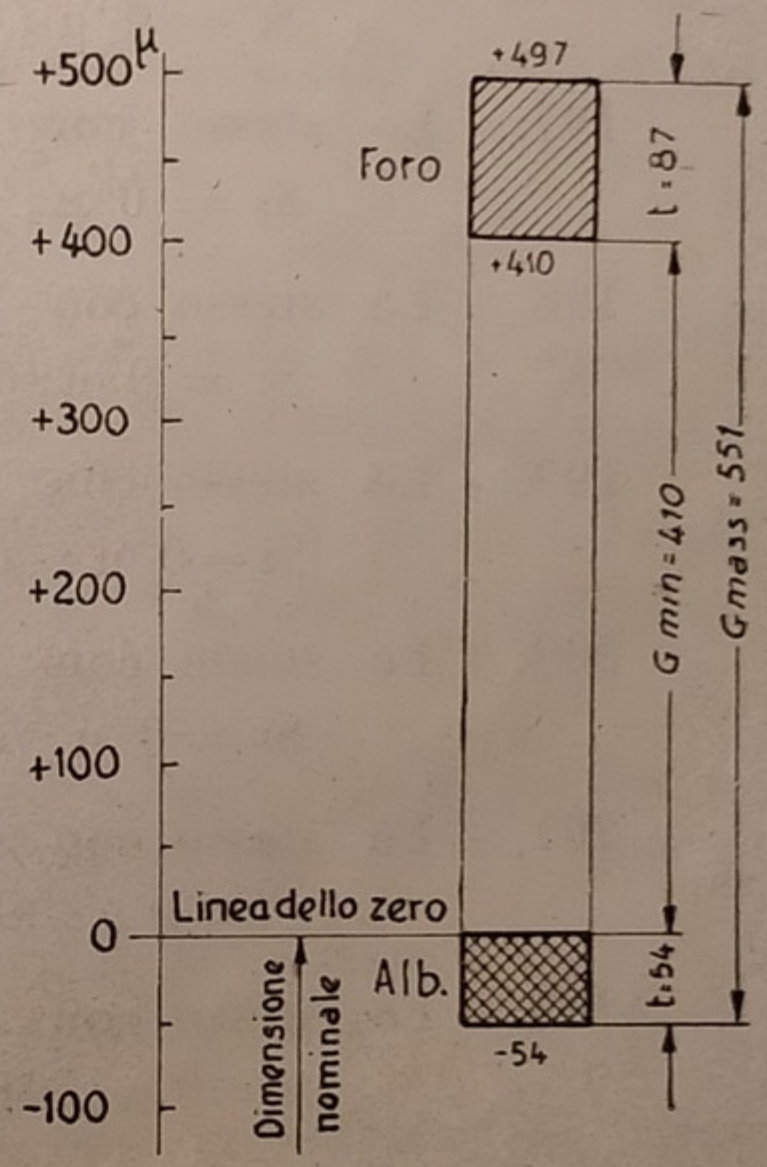


Fig.378.

188. - Lo stesso con $D = 120$ mm, foro: $Ss = +54\ \mu$, $Si = 0$; albero: $Ss = -120\ \mu$, $Si = -260\ \mu$

189. - Lo stesso con $D = 90$ mm, foro: $Ss = +6\ \mu$, $Si = -48\ \mu$; albero: $Ss = 0$, $Si = -35\ \mu$;

190. - Lo stesso con $D = 24$ mm, foro: $Ss = -3\ \mu$ $Si = -36\ \mu$; albero: $Ss = 0$ $Si = -21\ \mu$

191. - Lo stesso con $D = 40$ mm, foro: $Ss = +120\ \mu$ $Si = +182\ \mu$; albero: $Ss = 0$, $Si = -25\ \mu$

192. - Lo stesso con $D = 500$ mm, foro: $Ss = +1850\ \mu$ $Si = +1650\ \mu$; albero: $Ss = 0$, $Si = -63\ \mu$

193. - Lo stesso con $D = 140$ mm, foro: $Ss = +63\ \mu$, $Si = 0\ \mu$; albero: $Ss = -85\ \mu$, $Si = -185\ \mu$

194. - Lo stesso con $D = 20$ mm, foro: $Ss = +33\ \mu$ $Si = 0\ \mu$; albero: $Ss = -20\ \mu$, $Si = -53\ \mu$

195. - Lo stesso con $D = 230$ mm, foro: $Ss = +72\ \mu$ $Si = 0\ \mu$; albero: $Ss = 0$, $Si = -72\ \mu$

196. - Lo stesso con $D = 100$ mm, foro: $Ss = 54 +\ \mu$ $Si = 0\ \mu$; albero: $Ss = 0$, $Si = -35\ \mu$

197. - Lo stesso con $D = 30$ mm, foro: $Ss = +33\ \mu$ $Si = 0\ \mu$; albero: $Ss = +13\ \mu$, $Si = -8\ \mu$

198. - Lo stesso con $D = 360$ mm, foro: $Ss = +89\ \mu$ $Si = 0\ \mu$; albero: $Ss = +61\ \mu$, $Si = +4\ \mu$

199. - Lo stesso con $D = 230$ mm, foro: $Ss = +72\ \mu$ $Si = 0\ \mu$; albero: $Ss = +96\ \mu$, $Si = +50\ \mu$

200. - Lo stesso con $D = 45$ mm, foro: $Ss = +39\ \mu$ $Si = 0\ \mu$; albero: $Ss = +68\ \mu$, $Si = +43\ \mu$

201. - Lo stesso con $D = 150$ mm, foro: $Ss = +63\ \mu$ $Si = 0\ \mu$; albero $Ss = +230\ \mu$, $Si = +190\ \mu$

202. - Lo stesso con $D = 340$ mm, foro: $Ss = +89\ \mu$ $Si = 0\ \mu$; albero: $Ss = +647\ \mu$, $Si = +590\ \mu$

13) *Unità di tolleranza e gruppi di dimensioni.*

*203. - Calcolare il valore dell'unità di tolleranza UNI per la dimensione nominale $D = 8$ mm.

Si ha: $1\,UT = 0{,}005\ \sqrt[3]{8} = 0{,}005 \times 2 = 0{,}01$ mm.

*204. - Lo stesso per le dimensioni nominali $D = 1{,}27, 64, 125, 216, 343$ mm.

*205. - Tra le dimensioni nominali considerate negli esercizi 203 e 204 sceglierne due tali che l'unità di tolleranza dell'una sia doppia dell'unità di tolleranza dell'altra.

Per quale numero si deve moltiplicare una dimensione perchè la corrispondente unità di tolleranza divenga doppia?

*206. - Tra le dimensioni nominali considerate negli esercizi 203 e 204 sceglierne due tali che l'unità di tolleranza dell'una sia tripla dell'unità di tolleranza dell'altra.

Per quale numero si deve moltiplicare una dimensione perchè la corrispondente unità di tolleranza divenga tripla (quadrupla, quintupla, ecc.)?

*207. - Calcolare il valore dell'unità di tolleranza I S A per la dimensione nominale $D = 216$ mm. (Vedi es. n. *213).

Si ha: $i = 0{,}45\ \sqrt[3]{216} + 0{,}001 \times 216 = \sim 0{,}45 \times 6 + 0{,}216$
$\cong 2{,}7 \times 0{,}2 = 2{,}9\ \mu$.

*208. - Lo stesso per $D = 1{,}8,\ 27,\ 64,\ 125,\ 343$.

*209. - Qual'è il rapporto approssimato tra l'unità di tolleranza U N I e quella I S A, relative alla stessa dimensione?

*210. - Determinare Gmass e Gmin (ovvero Imass ed Imin) dell'accoppiamento avente $D = 216$ mm, foro con $Si = +260\ \mu$, $t = 100\ i$ ed albero con $Ss = 0$, $t = 64\ i$.

*211. - Lo stesso con $D = 216$ mm, foro: $Si = 0$, t = 250 i;
albero: $Ss = +170\ \mu$, $t = 160\ i$.

*212. - Lo stesso con $D = 216$ mm, foro: $Si = 0$ $t = 25\ i$;
albero: $Ss = +15\ \mu$, $t = 25\ i$.

*213. - L'unità di tolleranza i non si calcola per ogni possibile dimensione, ma per gruppi di dimensioni. Per le dimensioni da 1 a 3 mm i si calcola ponendo nella formula il valore D ottenuto facendo la media geometrica fra 1 e 3 $(D = \sqrt{1 \times 3} = \sqrt{3})$; per le dimensioni sopra 3 a 6 mm i si calcola per $D = \sqrt{3 \times 6} = \sqrt{18}$, ecc.

Ne segue che tolleranze e scostamenti sono gli stessi (per la stessa qualità) per le dimensioni di ciascun gruppo. I valori che limitano i successivi gruppi sono: 1 - 3 - 6 - 10 - 18 - 30 - 50 - 80 - 120 - 180..... 500.

Calcolare il valore dell'unità di tolleranza i valevole per le dimensioni sopra 80 a 120 mm.

Si ha: $D = \sqrt{80 \times 120} = \sqrt{9600} = \sim 98$

$$i = 0{,}45\ \sqrt[3]{98} + 0{,}098 = \sim 0{,}45 \times 4{,}61 + 0{,}1 = 2{,}075 + 0{,}1 = 2{,}175 = \sim 2{,}2\ \mu.$$

*214. - Calcolare il valore di i per le dimensioni da 1 a 3 ; sopra 3 a 6 ; sopra 6 a 10 mm.

*215. - Calcolare il valore di i per le dimensioni sopra 10 a 18 ; sopra 18 a 30 ; sopra 30 a 50 mm.

14) *Qualità di lavorazione.

Passando da una qualità di lavorazione a quella successiva (ad es. da $IT\,5$ a $IT\,6$ ovvero da $IT\,6$ a $IT\,7$, ecc.) si ha un aumento di tolleranza di circa il 60 %. Così alla qualità $IT\,5$ corrisponde una tolleranza $7\,i$, alla $IT\,6$ corrisponde $10\,i$, ecc.

216.* - Determinare la tolleranza della qualità $IT\,7$ per il gruppo di dimensioni sopra 80 a 120 mm.

Alla qualità $IT\,7$ corrisponde una tolleranza :

$$10\,i + \frac{60}{100} \times 10i = 10\,i + 6i = 16\,i.$$

Poichè $i = 2{,}2\ \mu$ (vedi eser. 213) risulta :

$$16\,i = 16 \times 2{,}2 = \sim 35\ \mu.$$

217.* - Lo stesso per la qualità $IT\,5$, gruppo di dimensioni da 1 a 3 mm.

*218. - Lo stesso per la qualità $IT\,5$, sopra 3 a 6 mm.

*219. - Lo stesso per la qualità $IT\,6$, sopra 6 a 10 mm.

*220. - Lo stesso per la qualità $IT\,7$, sopra 50 a 80 mm.

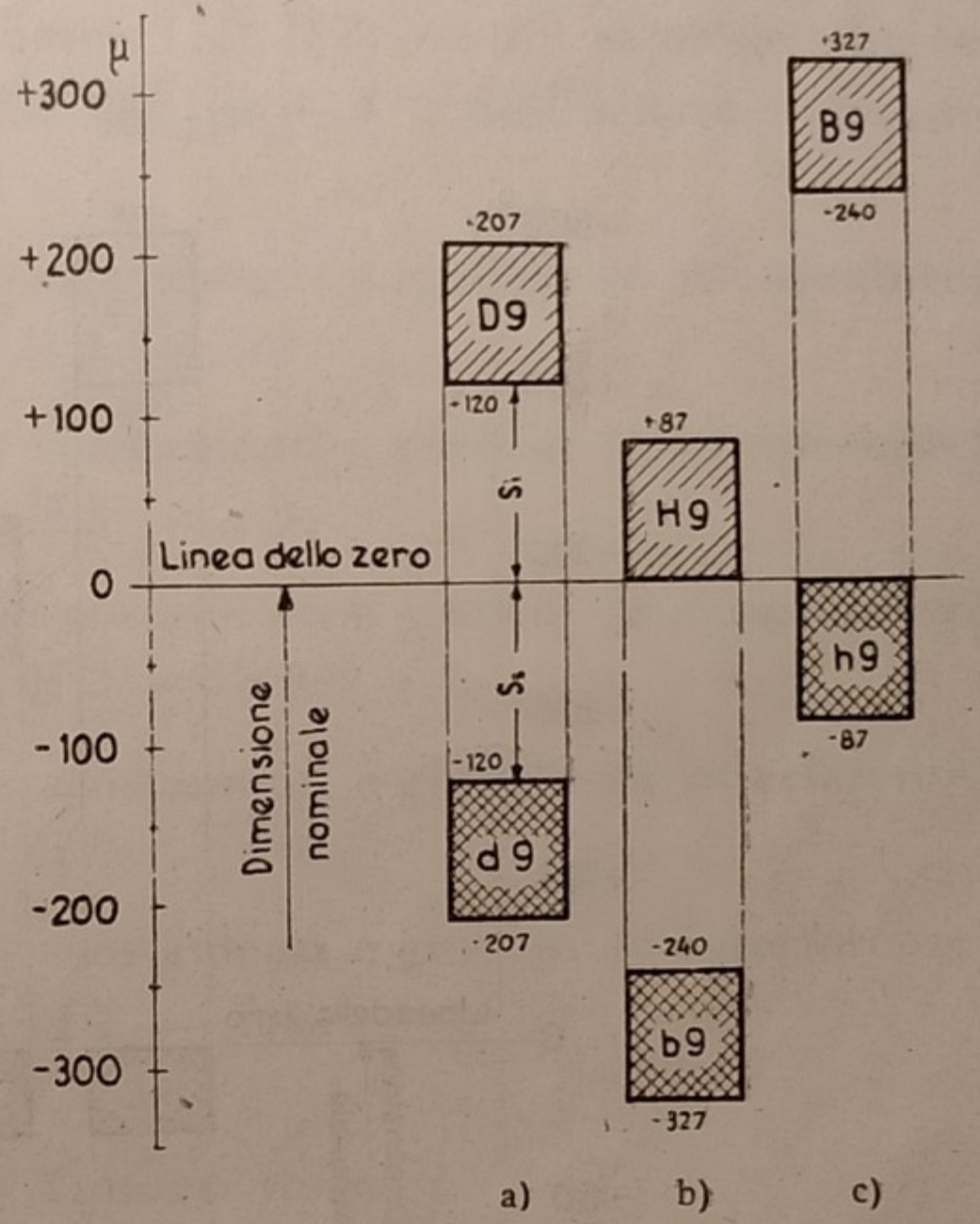
*221. - Lo stesso per la qualità $IT\,8$, sopra 120 a 180 mm.

15 *Posizioni delle tolleranze e accoppiamenti.

Il campo di tolleranza di un foro, o di un albero, si rappresenta graficamente mediante un rettangolo di altezza eguale, nella scala scelta, al valore della tolleranza. La posizione del rettangolo è determinata dalla sua distanza dalla linea dello

zero (scostamento di riferimento), ad es., per l'accoppiamento della fig. 380 a, da *Si* per il foro e da *Ss* per l'albero. Il campo di tolleranza del foro può avere 21 posizioni diverse (indicate con lettere alfabetiche maiuscole) e quello dell'albero altrettante (indicate con lettere alfabetiche minuscole). Dati i due campi di tolleranza, in grandezza (altezza del rettangolo) e posizione, l'accoppiamento risulta definito.

Fig. 380.



I tre accoppiamenti rappresentati nella figura hanno gli stessi giuochi ; gli accoppiamenti del tipo *b*) *(foro base)* e *c*) *(albero base)* sono da preferire perchè in essi il campo di tolleranza del foro, o quello dell' albero, si trova a contatto della linea dello zero. L'accoppiamento foro base ha il campo di tolleranza del foro designato con la lettera H ($Si = 0$) quello albero base ha il campo di tolleranza dell' albero designato con la lettere h ($Ss = 0$).

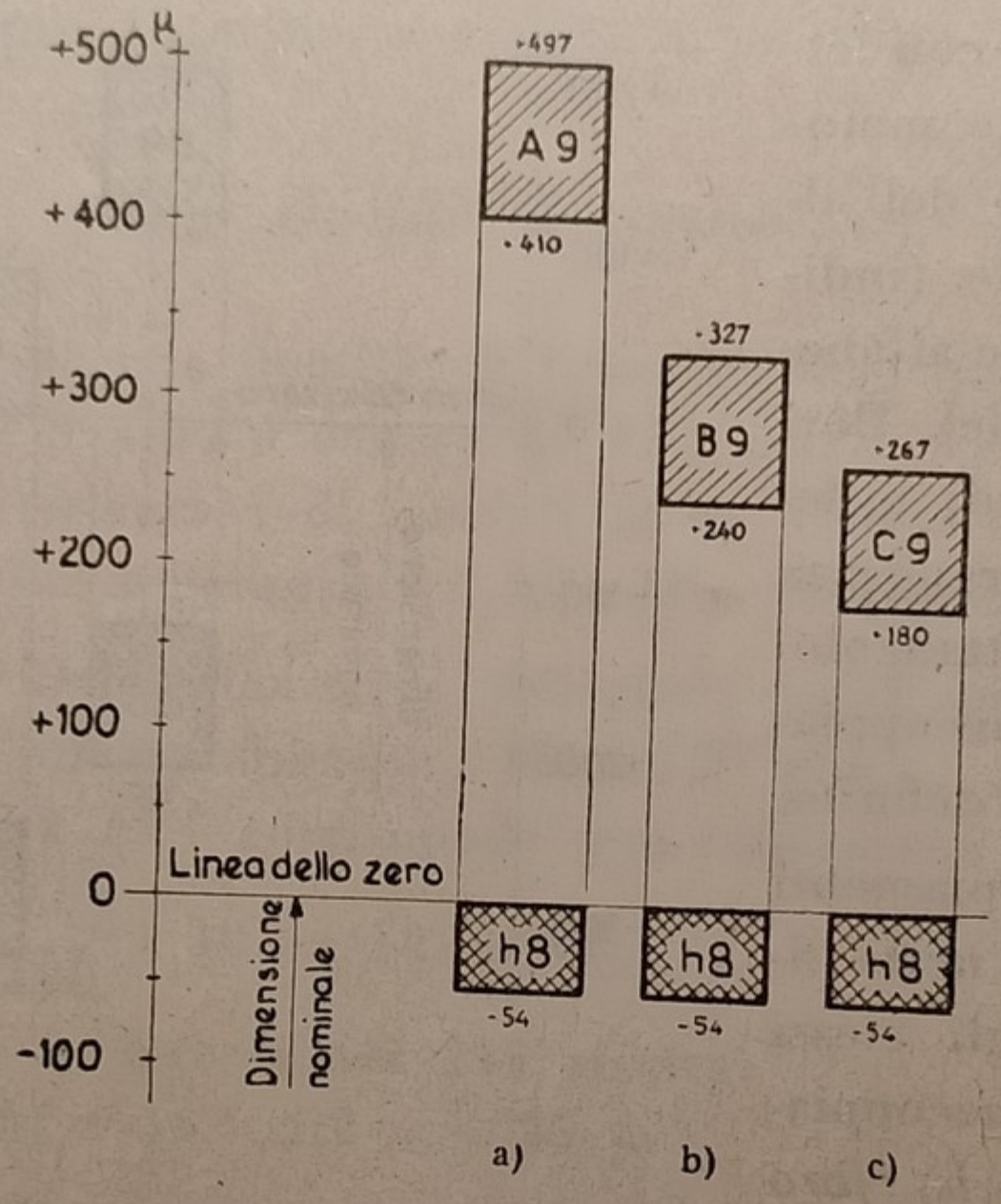
*222. - Dire quali degli accoppiamenti considerati negli esercizi da 182 a 202 sono albero base e quali sono foro base.

*223. Senza modificare la dimensione nominale e le tolleranze dell' accoppiamento considerato nell' esercizio n. 187 (fig. 381 *a*) si determini un nuovo accoppiamento albero base che abbia $G\,\text{min} = 240\ \mu$. ($G\,\text{min}$ e lo scostamento di riferimento del foro *Si*, a parte il segno, hanno lo stesso valore).

Si esegua anzitutto il disegno schematico (fig. 381 *b*).

Si ha: Foro: $Si = +240\ \mu$, $Ss = Si + t = +240 + 87 = +327\ \mu$
Albero: $Si = 0$, $Si = -54\ \mu$
$G\,\text{min} = 240\ \mu$, $G\,\text{mass} = +327 - (-54) = 327 + 54 = 381\ \mu$.

Fig. 381



Nota : L' accoppiamento considerato nell' esercizio n. 187 viene designato con la sigla $A\,9 - h\,8$ e quello considerato nell' esercizio n. 223 con la sigla $B\,9 - h\,8$.

*224. - Determinare scostamenti e giuochi (o interferenze) dell' accoppiamento (albero base) $C\,9 - h\,8$ avente $D = 112$ mm, sapendo che lo scostamento di riferimento del foro è $Si = +180\ \mu$.

Si esegua anzitutto il disegno schematico (fig. 381 *c*).

*225. - Lo stesso con l' accoppiamento $112\ E\,9 - h\,8$ con Si (foro) $= +72\ \mu$.

*226. - Lo stesso con l' accoppiamento $112\ C\,9 - h\,7$ (vedi esercizio n. 216).

*227. - Lo stesso con l' accoppiamento $112\ H\,8 - h\,7$

*228. - Lo stesso con l'accoppiamento 112 $N\,8 - h\,7$ con Ss (foro) $= -4\ \mu$.

*229. - Determinare scostamenti e giuochi (o interferenze) dell'accoppiamento (foro base) 112 $H\,8 - a\,9$ sapendo che lo scostamento di riferimento del foro A e dell'albero a hanno lo stesso valore assoluto.

*230. - Determinare scostamenti e giuochi (o interferenze) per l'accoppiamento 112 $H\,8 - b\,9$.

*231. - Determinare scostamenti e giuochi (o interferenze) per l'accoppiamento 112 $H\,8 - c\,9$.

*232. - Determinare scostamenti e giuochi (o interferenze) per l'accoppiamento 112 $H\,8 - e\,9$.

*233. - Determinare scostamenti e giuochi (o interferenze) per l'accoppiamento 112 $H\,7 - e\,9$.

*234. - Determinare scostamenti e giuochi (o interferenze) per l'accoppiamento 112 $H\,7 - h\,8$.

*16) *Numeri normali.*

235. - Sostituire i seguenti numeri con i numeri normali della serie $R\,5$ e determinare l'errore che si commette con la sostituzione:

44	110	0,43	5350	0,038	0,00471
136	300	0,50	7100	0,07	0,008
6	474	0,931	2000	0,0341	0,0019

236. - Lo stesso con i numeri della serie $R\,10$.

237. - » » » » » serie $R\,20$.

238. - » » » » » serie $R\,40$.

239. - » » » » » serie $R\,80$.

240. - Determinare l'aumento percentuale che permette di passare da un termine della serie $R\,5$ al successivo (60 %) (si considerino i due termini consecutivi 10 e 16).

241. - Lo stesso per le serie $R\,10$, $R\,20$, $R\,40$, $R\,80$.

242. - Determinare l'errore percentuale massimo che si può commettere sostituendo un numero con il termine più vicino della serie $R\,5$.

Avendo, ad es., un numero compreso tra 10 e 16 il passare al termine della serie più vicino dà un errore che sarà al massimo:

$$e = \frac{16 - 10}{2} = 3 \qquad \text{e in percentuale } e\,\% = \frac{3}{10} \times 100 = 30\,\%$$

243. - Lo stesso per le serie $R\,10$, $R\,20$, $R\,40$, $R\,80$.

244. - Determinare il rapporto costante (ragione) tra un termine qualsiasi della serie $R\,5$ e quello che lo precede.

245. - Lo stesso per le serie $R\,10$, $R\,20$, $R\,40$, $R\,80$.

*246. - Completare la serie dei valori limitanti i gruppi di dimensioni, considerati nell'esercizio n. *213, con i termini della serie $R\,10$.

*247. - Trovare i valori delle unità di tolleranza che corrispondono alle qualità di lavorazione (esercizio n. 216) comprese tra $IT\,6$ ($10\,i$) e $IT\,16$ ($1000\,i$) sapendo che essi aumentano secondo i numeri normali della serie $R\,5$. (Sostituire 63 con 64).

248. - Per imparare a memoria i termini della serie $R\,10$ è sufficiente ricordare i due termini consecutivi dopo 10 (cioè 12,5 e 16): gli altri (sostituire 63 a 64) si ottengono raddoppiando.

10	12,5	16
20	25	32
40	50	63
80	100	

Enunciare le proprietà corrispondenti per le serie $R\,20$ ed $R\,40$.

249. - I valori della serie $R\,10$ raddoppiano ogni tre termini.

Determinare dopo quanti termini raddoppiano i valori della $R\,20$ e quelli della $R\,40$.

250. - I prodotti, i quozienti e le potenze dei numeri normali sono ancora numeri normali. Ne segue che:

1° - se b ed h di un rettangolo sono numeri normali anche l'area S è un numero normale;

2° - se il lato l di un quadrato è un numero normale anche l'area è un numero normale;

3° - se lo spigolo l di un cubo è un numero normale anche il volume è un numero normale.

Verificare la proprietà per i rettangoli aventi

$b = 25$ mm	$b = 0{,}8$ mm	$b = 800$ mm
$h = 63$ mm	$h = 12{,}5$ mm	$h = 32$ mm

251. - Lo stesso per i quadrati aventi $l = 125, 63, 8, 16$ mm.

252. - Lo stesso per i cubi aventi $l = 20; 250; 0{,}5; 400$ mm.

253. - Sostituire i numeri: 27,2 - 49 - 88.4 - 161,7 - 282 - 503 con i numeri normali più vicini della serie R 20. A quale serie derivata appartengono i numeri ottenuti?

I termini della serie R 20 più prossimi ai numeri dati sono: 28 - 50 - 90 - 160 - 280 - 500. Nella serie R 20 il numero 50 è il quinto dopo 28; 90 è il quinto dopo 50..... e finalmente 500 è è il quinto dopo 280. La serie derivata a cui appartengono i numeri ottenuti è quindi la R 20/5 (28..... 500).

254. - Lo stesso con i numeri: 46 - 67 - 91 - 127 - 172 - 247 - 336 - 510.

255. - Sostituire i numeri: 17,5 - 27 - 41,2 - 63,7 - 96,8 - 152,14 - 245 - 392 con i termini di una serie derivata dalla R 20 scelta in modo che:

1° - i termini della serie derivata siano tutti approssimati per eccesso;

2° - i termini della serie derivata siano tutti approssimati per difetto;

3° - la serie derivata contenga un termine minore di 17,5 e un termine maggiore di 392 (o, più in generale, termini approssimati per difetto e per eccesso).

Designare le tre serie derivate e determinare l'errore percentuale massimo che comporta la sostituzione con i termini della serie derivata 1ª, della serie derivata 2ª e dalla serie derivata 3ª.

256. - Lo stesso con i numeri 20 - 28,8 - 41,6 - 60,4 - 87,2 - 126,6 - 184 - 265 - 386 - 560.

257. - Progettare una serie di squadre a 90°, di acciaio.

Occorre anzitutto fissare il rapporto tra le lunghezze delle due ali. Tale rapporto, per le squadre esistenti in commercio, varia da 0,5 a 0,7.

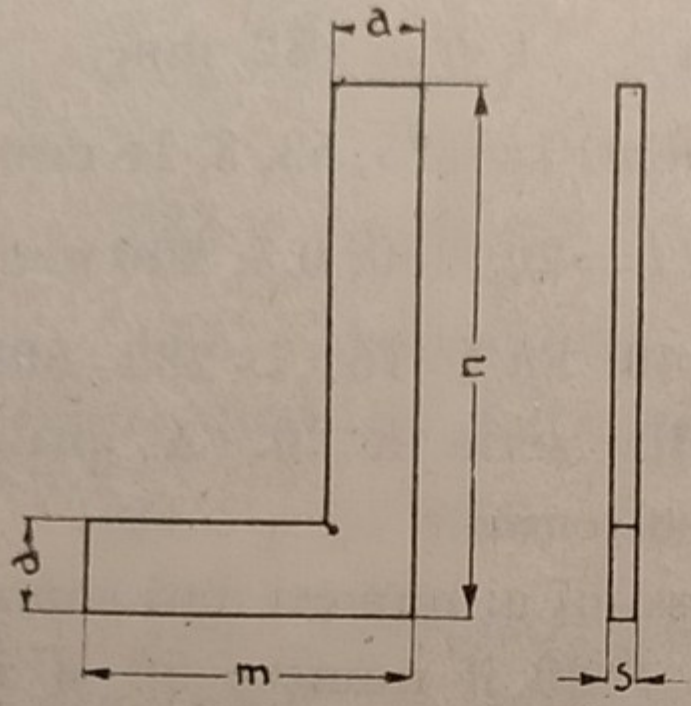


Fig. 382.

Se si sceglie come lunghezza dell'ala corta un numero della $R\,5$ e come lunghezza dell'ala lunga il numero successivo della stessa serie (vedi esercizio n. 244) si ottiene il rapporto 0,63. Prendiamo, per la squadra più piccola della serie, le dimensioni (fig. 382): $n = 40$ mm, $m = 25$ mm, e per le altre squadre le coppie di numeri consecutivi della $R\,5$: 63×40; 100×63; 160×100, ecc. Le altre dimensioni (a, s) si sceglieranno tra i valori della $R\,10$.

17) *Saldatura.*

258. - Determinare quanti metri cubi V di ossigeno, a pressione atmosferica, contiene una bombola sapendo che essa ha la capacità $v = 40$ litri e che la pressione indicata dal manometro è di $p = 130$ atmosfere.

(I metri cubi V di ossigeno contenuti nella bombola si ottengono moltiplicando la pressione, aumentata del 10 %

$\left[100 + \frac{10}{100} \times 130\right]$, per la capacità). Si ha:

$$V = \left(100 + \frac{10}{100} \times 130\right) \times 40 = (100 + 13) \times 40 = 4400\,l = 4{,}52\,\text{m}^3.$$

259. - Lo stesso con $v = 50\ l$ e $p = 120$ atmosfere.

260. - » » » $v = 40\ l$ e $p = 150$ atmosfere.

261. - » » » $v = 40\ l$ e $p = 70$ atmosfere.

262. - Determinare quanti metri cubi di ossigeno conteneva una bombola sapendo che piena pesava $P = 78$ kg e

vuota pesa $p = 71$ kg. (Peso di 1 m^3 di ossigeno = 1,38 kg).

Si ha: peso dell'ossigeno consumato $= 78 - 71 = 7$ kg e quindi $V = 7 : 1{,}38 = \sim 5{,}070$ m.^{3}

263. - Lo stesso con $P = 72$ kg $\quad p = 66$ kg

264. - » » » $P = 68$ » $\quad p = 63$ »

265. - Determinare quanti metri cubi di acetilene conteneva una bombola sapendo che piena pesava 80 Kg. e vuota pesa 75 Kg (peso di 1 m^3 di acetilene = 1,11 Kg).

266. - Determinare quanti litri di acetilene possono ottenersi da 8 kg di carburo sapendo che 1 kg di carburo fornisce 270 l di acetilene (da 1 kg di carburo si ottengono, secondo la pezzatura, $265 \div 300$ l di acetilene).

267. - Determinare la durata t di una bombola contenente $V = 5$ m^3 di ossigeno (a pressione atmosferica) sapendo che si consumano $c = 300$ l di ossigeno per ora.

Si ha: 5 m.$^3 = 500$ l e quindi $t = \dfrac{5000}{300} = \sim 17$ ore.

268. - Lo stesso con $V = 4{,}5$ m^3, $\quad c = 350$ $l/_{ora}$

269. - » » » $V = 6$ m^3, $\quad c = 140$ $l/_{ora}$

270. - Determinare quanti kg di carburo occorrono per alimentare per $t = 6$ ore $n = 5$ posti di saldatura che consumano in media $c = 1500$ $l/_{ora}$ di acetilene.

271. - Lo stesso con $t = 7$ ore, $n = 1$ posto, $c = 350$ $l/_{ora}$

272. - » » » $t = 10$ ore, $n = 4$ posti, $c = 2000$ »

273. - » » » $t = 8$ ore, $n = 10$ posti, $c = 3500$ »

274. - Determinare quante bombole di ossigeno, da 5 m^3 cubi ciascuna, occorrono per alimentare i posti di saldatura considerati nell'esercizio n. 270 sapendo che per bruciare 1000 l di acetilene occorrono circa 1200 l di ossigeno.

275. - Lo stesso per gli esercizi n. 271, 272, 273.

276. - Determinare quanti kg di carburo e quanti metri cubi di ossigeno occorrono per saldare $L = 75$ m di lamiera

di acciaio dello spessore $s = 3$ mm sapendo che si consumano $c_1 = 75$ litri di acetilene e $c_2 = 90$ litri di ossigeno per metro.

277. - Lo stesso con $L = 67$ m, $s = 5$ mm, $c_1 = 210$ $l/_m$ $c_2 = 250$ $l/_m$

278. - Lo stesso con $L = 24$ m, $s = 1{,}5$ mm, $c_1 = 20$ $l/_m$ $c_2 = 24$ $l/_m$

279. - Lo stesso con $L = 30$ m, $s = 10$ mm, $c_1 = 840$ $l/_m$ $c_2 = 1000$ $l/_m$

280. - Determinare quanti chilogrammi di carburo e quanti metri cubi di ossigeno occorrono per tagliare $L = 27$ m di lamiera dello spessore $s = 30$ mm sapendo che si consumano $c_1 = 40$ l di acetilene e $c_2 = 400$ l di ossigeno per metro (pressione dell' ossigeno 3 atmosfere).

281. - Lo stesso con $L = 72$ m, $s = 10$ mm, $c_1 = 18$ $l/_m$ $c_2 = 120$ $l/_m$

282. - Lo stesso con $L = 36$ m, $s = 20$ mm, $c_1 = 30$ $l/_m$ $c_2 = 250$ $l/_m$

18) *Proporzionamento ruote dentate.*

283. - Una ruota dentata ha $Z = 45$ denti e diametro primitivo $D_p = 360$ mm. Determinare il modulo.

Si ha: $M = \frac{D_p}{Z} = \frac{360}{45} = \frac{40}{5} = 8$ $mm/_{dente}$

284. - Lo stesso con $Z = 75$ denti, $D = 150$ mm.

285. - » » » $Z = 60$ denti, $D = 90$ mm.

286. - » » » $Z = 42$ denti, $D = 210$ mm.

287. - Una ruota dentata ha $Z = 25$ denti e modulo $M = 2{,}5$ $mm/_{dente}$. Determinare il diametro primitivo D_p.

Si ha: $D_p = MZ = 2{,}5 \times 25 = 62{,}5$ mm.

288. - Lo stesso con $Z = 170$ denti, $M = 2{,}5$ $mm/_{dente}$

289. - » » » $Z = 200$ denti, $M = 1{,}25$ »

290. - Lo stesso con $Z = 47$ denti, $M = 14$ mm/dente

291. - Una ruota dentata ha $D_p = 300$ mm ed $M = 4$ mm/dente. Determinare Z.

Si ha: $Z = \frac{D}{M} = \frac{300}{4} = 75$ denti.

292. - Lo stesso con $D_p = 440$ mm, $M = 11$ mm/dente

293. - » » » $D_p = 540$ mm, $M = 18$ »

294. - » » » $D_p = 210$ mm, $M = 6$ »

295. - Qual' è la differenza tra i diametri primitivi di due ruote dentate aventi $M = 4$ e tali che una ha un dente più dell' altra?

296. - Determinare il diametro esterno e quello interno della ruota considerata nell' esercizio n. 283.

Si ha: $D_e = D_p + 2\ M = 360 + 2 \times 8 = 376$ mm.

$$D_i = D_p - 2 \times \frac{7}{6} M = D_p - \frac{7}{3} M = 360 - \frac{7 \times 8}{3} =$$

$360 - 18{,}67 = 341{,}33$ mm.

Nota - Per la determinazione di D_e e D_i possono anche usarsi le seguenti formule:

$$D_e = D_p + 2\ M = MZ + 2\ M = M\ (Z + 2).$$

$$D_i = D_p - \frac{7}{3} M = MZ - \frac{7}{3} M = M \left(Z - \frac{7}{3} \right)$$

297. - Lo stesso per gli esercizi n. 269, 270, 271, 272, 273.

298. - » » » » esercizi n. 274, 275, 276, 277, 278.

19) *Rapporto di trasmissione.*

299. - Determinare il rapporto di trasmissione t del ruotismo della fig. 383 sapendo che $z_1 = 28$ $Z = 35$ e $Z_1 = 45$ denti. Determinare inoltre il numero dei giri n_2 della ruota condotta sapendo che la conduttrice fa $n_1 = 800$ giri/min

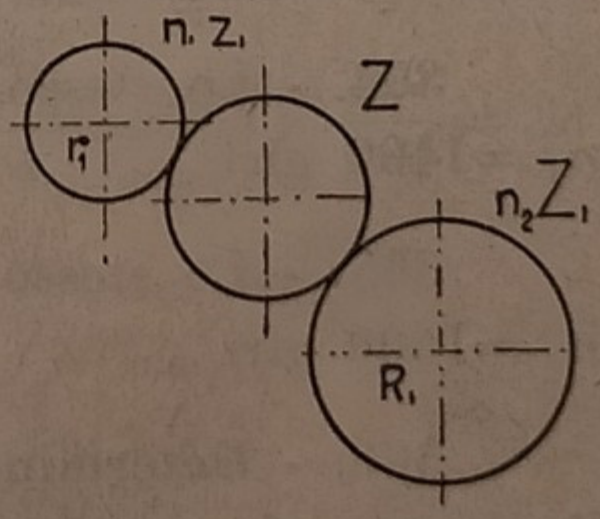


Fig. 383.

(La ruota oziosa è condotta rispetto alla ruota r_1 e conduttrice rispetto alla R_1).

Si ha: $t = \frac{z_1}{Z_1}\frac{Z}{Z} = \frac{28 \times 75}{45 \times 75} = \frac{28}{45}$ e quindi:

$$n_2 = n_1\ t = \frac{900 \times 28}{45} = \frac{100 \times 28}{5} = 560 \text{ giri/}_{\text{min.}}$$

300. - Lo stesso con $z_1 = 40$, $Z = 25$, $Z_1 = 52$, $n_1 = 700$ giri/min.

301. - » » » $z_1 = 18$, $Z = 45$, $Z_1 = 60$, $n_1 = 1000$ »

302. - » » » $z_1 = 20$, $Z = 35$, $Z_7 = 75$, $n_1 = 1500$ »

303. - Determinare il rapporto di trasmissione t del ruotismo rappresentato nella fig. 384 sapendo che $z_1 = 20$, $Z_1 = 55$, $z_2 = 25$, $Z_2 = 75$. Determinare inoltre il numero dei giri n_2 dell' ultima ruota condotta sapendo che la conduttrice fa $n_1 = 1800$ giri/min.

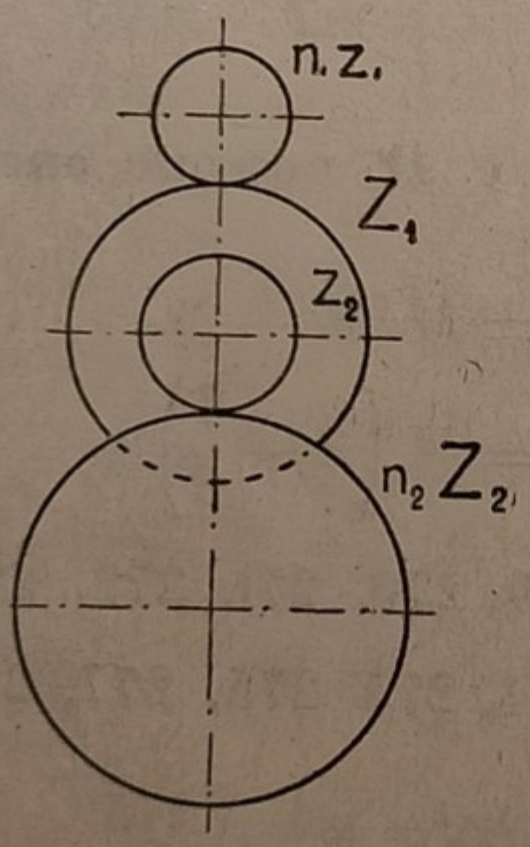


Fig. 384.

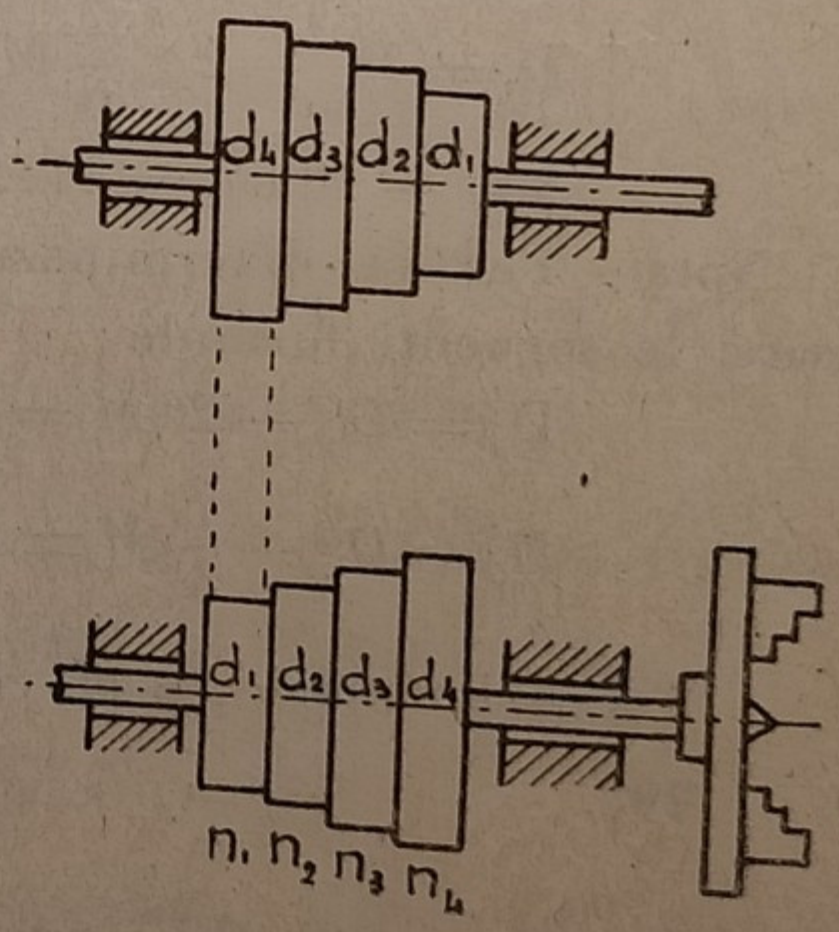


Fig. 385.

304. - Lo stesso con $z_1 = 18$, $Z_1 = 60$, $z_2 = 21$, $Z_2 = 70$, $n_1 = 1400$ giri/min.

305. - Lo stesso con $z_1 = 24$, $Z_1 = 64$, $z_2 = 30$, $Z_2 = 85$, $n_1 = 1600$ giri/min.

306. - Determinare i numeri dei giri n_1, n_2, n_3, n_4 dell' albero del mandrino (fig. 385) quando la cinghia si trova

rispettivamente sul 1°, 2°, 3°, 4° gradino sapendo che $d_1 = 113$, $d_2 = 149$, $d_3 = 187$, $d_4 = 223$ mm ed $n = 315$ giri/min.

Si ha: $n_1 = nt_1 = 315 \times \frac{d_4}{d_1} = 315 \times \frac{223}{113} = \sim 621$ giri/min.

$n_2 = nt_2 = 315 \times \frac{d_3}{d_2} = ...$

307. - Determinare il numero dei giri n_2 dell'albero mosso del sistema di pulegge rappresentato nella figura 386 sapendo che $d_1 = 130$, $d_2 = 400$, $d_3 = 180$, $d_4 = 450$ mm. e che l'albero motore fa $n_1 = 1500$ giri/min.

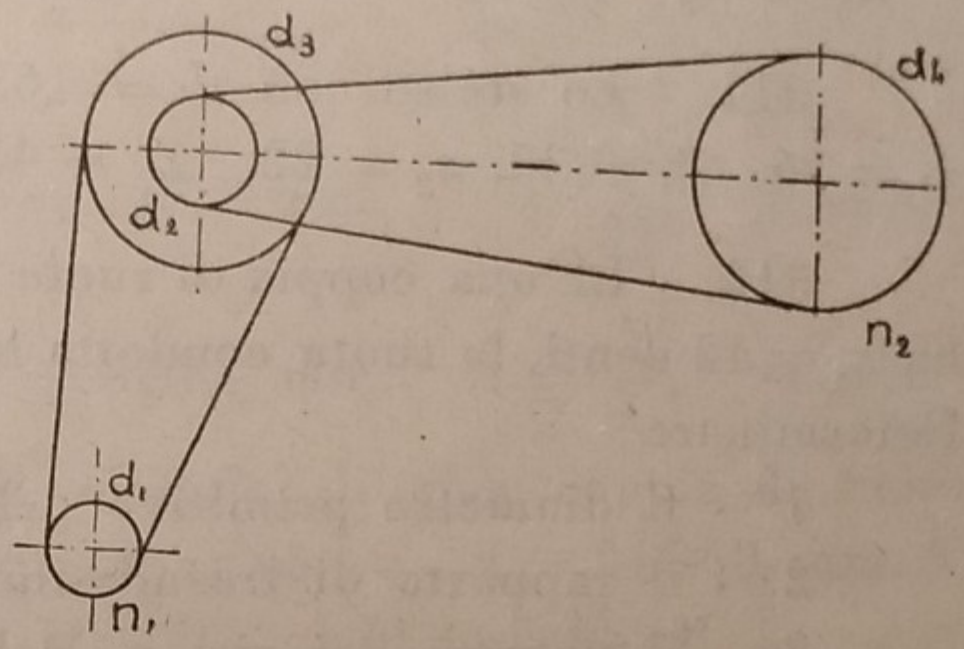


Fig. 386.

308. - Lo stesso con $d_1 = 150$ $d_2 = 380$ $d_3 = 170$ $d_4 = 420$ $n_1 = 1200$ giri/min.

309. - Determinare il diametro d_1 della puleggia motrice in modo che l'albero mosso del sistema di pulegge considerato nell'esercizio n. 307 faccia $n_2 = 220$ giri/min.

310. - Lo stesso per l'esercizio n. 308 con $n_2 = 250$ giri/min.

311. - Determinare la gamma delle velocità angolari di un tornio avente la testa motrice conopuleggia (fig. 387) sapendo che $d_1 = 160$, $d_2 = 210$, $d_3 = 260$ mm; $z_1 = 16$, $Z_1 = 32$, $z_2 = 22$, $Z_2 = 40$ denti e il numero dei giri del rinvio è $n = 315$ giri/min.

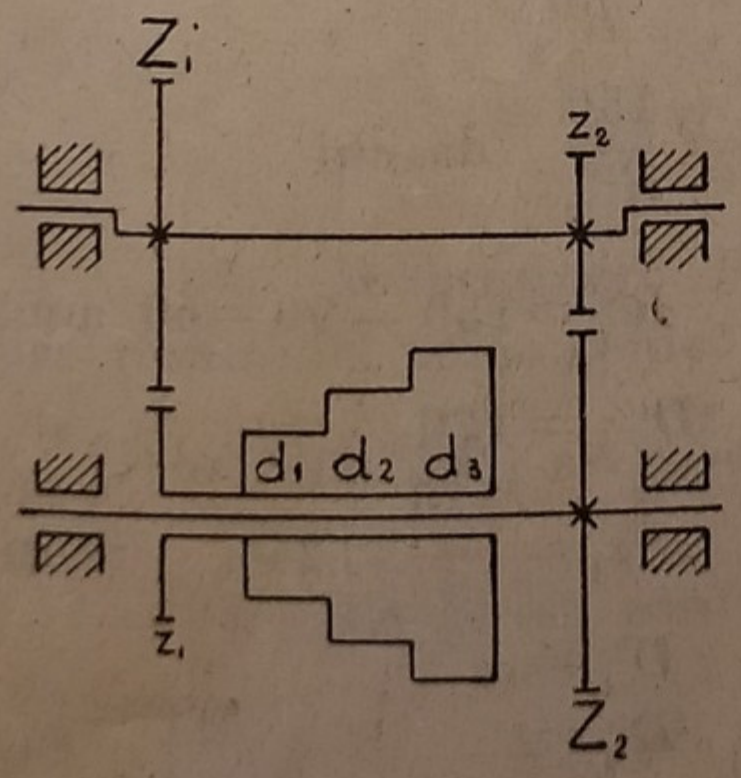


Fig. 387.

Si ha:

Marce in volata (senza ritardo)

$n_1 = n. \frac{d_3}{d_1} = 315 \times \frac{260}{160} = ...$

$n_2 = n. \frac{d_2}{d_2} = n = ...$

$n_3 = n. \frac{d_1}{d_3} = n = ...$

Marce in ritardo

$$n_4 = n_1 . \quad t = n_1 . \frac{z_1 \ z_2}{Z_1 \ Z_2} = n_1 \frac{16 \times 22}{32 \times 40} = \ldots.$$

$n_5 = n_2 \quad t = \ldots.$

$n_6 = n_3 \quad t = \ldots.$

312. - Lo stesso con $d_1 = 165$, $d_2 = 225$, $d_3 = 280$ mm; $z_1 = 16$, $Z_1 = 35$, $z_2 = 22$, $Z_2 = 45$ denti ed $n = 400$ giri/min.

313. - In una coppia di ruote dentate la ruota conduttrice ha $z_1 = 42$ denti, la ruota condotta ha $Z_1 = 66$ denti ed è $M = 3$. Determinare:

1° - il diametro primitivo delle due ruote;

2° - il rapporto di trasmissione;

3° - il numero dei giri n_2 della ruota condotta sapendo che la ruota conduttrice fa $n_1 = 800$ giri/min.

314. - Lo stesso con $z_1 = 38 \quad Z_1 = 95 \quad M = 7$

315. - » » » $z_1 = 84 \quad Z_1 = 240 \quad M = 5$

*316. - Determinare gli elementi costruttivi di una coppia di ruote dentate avente distanza tra gli assi $d = 150$ mm, $t = {}^2/_3$ ed $M = 5$.

Si ha: (fig. 388) $d = R'_p + R''_p$ cioè $150 = R'_p + R''_p$

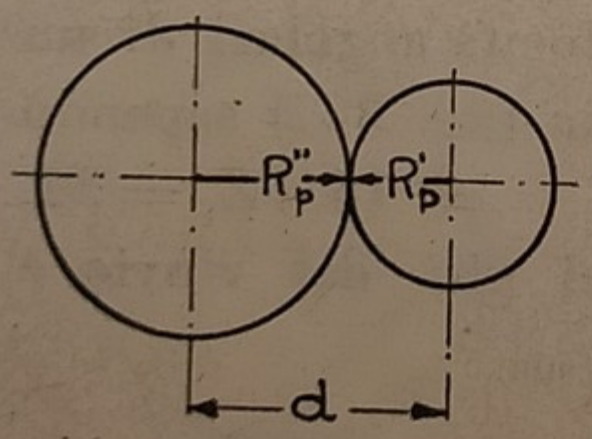


Fig. 388.

$$t = \frac{R'_p}{R''_p} \quad \text{cioè} \quad \frac{2}{3} = \frac{R'_p}{R''_p}$$

Componendo si ottiene:

$$\frac{2+3}{3} = \frac{R'_p + R''_p}{R''_p}$$

e quindi $\frac{5}{3} = \frac{150}{R''_p}$ da cui

$R''_p = \frac{150 \times 3}{5} = 30 \times 3 = 90$ mm. $\quad R'_p = 150 - 90 = 60$ mm.

$D''_p = 180$ » $D'_p = 120$ »

$z_2 = \frac{D'_p}{M} = \frac{180}{5} = 36$ denti $\quad z_1 = \frac{120}{5} = 24$ denti

$D''_e = \ldots.$ $\quad D'_e = \ldots.$

$D''_i = \ldots.$ $\quad D'_i = \ldots.$

Spessore del dente $s = \frac{\text{passo}}{2} = \frac{p}{2} = \frac{\pi M}{2} = \frac{3{,}14 \times 5}{2} = \ldots\ldots$

Nota. Dalla proporzione $\frac{t}{1} = \frac{R'_p}{R''_p}$ componendo si ottiene:

$\frac{t+1}{1} = \frac{R'_p + R''_p}{R''_p}$ ossia $\frac{t+1}{1} = \frac{d}{R''_p}$ da cui $R''_p = \frac{d}{t+1}$

317.* Lo stesso con $d = 115{,}5$ mm, $t = \frac{13}{29}$, $M = 3{,}5$

318.* » » » $d = 540$ mm, $t = \frac{5}{7}$, $M = 9$

319.* - Determinare il modulo di una coppia di ruote dentate sapendo che $z_1 = 25$, $z_2 = 65$ e $d = 247{,}50$ mm.

Si ha: $D'_p = M z' = 25\ M$; $D''_p = M z_2 = 65\ M$

$$d = \frac{M'_p + D''_p}{2} = \frac{M z_1 + M z_2}{2} = \frac{25\ M + 65\ M}{2} = \frac{90}{2} M = 45\ M$$

Dalla $d = 45\ M$ si ottiene $M = \frac{d}{45} = \frac{247{,}50}{45} = 5{,}5$ mm/dente

Nota. Dalla relazione $d = \frac{D'_p + D''_p}{2} = \frac{M z_1 = M z_2}{2} = M \times \frac{z_1 + z_2}{2}$

si ottiene: $M = \frac{d}{\frac{z_1 + z_2}{2}} = \frac{\text{distanza tra gli assi}}{\text{semisomma dei denti}}$

320.* - Lo stesso con $z_1 = 31$ $z_2 = 55$ $d = 516$ mm.

321.* - » » » $z_1 = 120$ $z_2 = 150$ $d = 810$ mm.

20) *Tornitura conica.*

322. - Determinare lo spostamento s della contropunta per tornire un pezzo conico avente $d = 34$ mm e $D = 41$ mm.

Si ha: (fig. 389) $s = \frac{D - d}{2} = \frac{41 - 34}{2} = 3{,}5$ mm.

323. - Lo stesso con $D = 60$ $d = 54$

324. - » » » $D = 137$ $d = 121$

325. - Determinare lo spostamento s della contropunta per tornire un pezzo lungo $L = 120$ mm, con tratto conico avente $D = 52$, $d = 45$ e $l = 80$ mm.

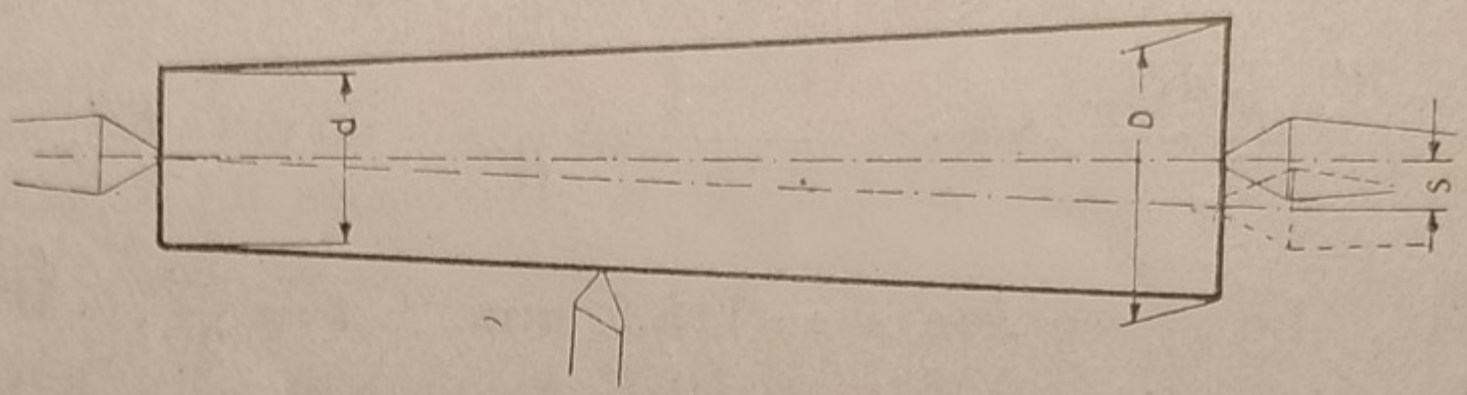


Fig. 389.

Si ha: $s = \frac{D-d}{2\ l} \times L = \frac{52-45}{2\times} \times 120 = \frac{7 \times 120}{160} = 5{,}25$ mm.

326. - Lo stesso con $D = 125$, $d = 116$, $l = 85$, $L = 129$ mm.

327. - » » $D = 124$, $d = 113$, $l = 105$, $L = 120$ mm.

328. - » » $D = 150$, $d = 141$, $l = 102$, $L = 170$ mm.

*329. - Lo spostamento della contropunta può calcolarsi, con maggior precisione (per angoli di semiapertura del cono fino a 9°), mediante la formula:

$$s = \frac{(D-d)\ L}{\sqrt{4\ l^2 + (D-d)^2}}$$

Con $L = 100$ mm, $l = 85$ mm, $D = 75$ mm, $d = 50$ mm si ha (fig. 390):

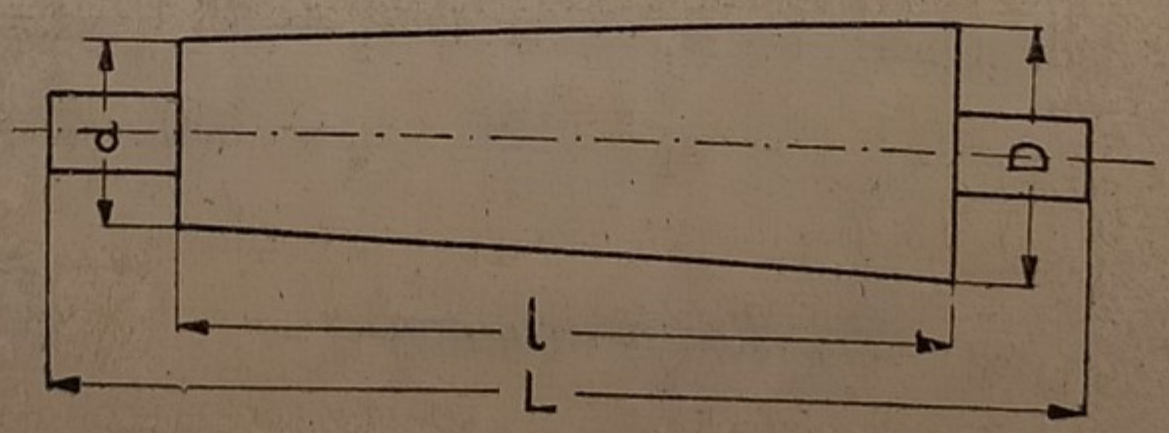


Fig. 390.

$$s = \frac{(75-50) \times 100}{\sqrt{4 \times 85^2 + (75-50)^2}} = \frac{25 \times 100}{\sqrt{4 \times 7225 + 25^2}}$$

$$= \frac{2500}{\sqrt{28900 + 625}} = \frac{2500}{\sqrt{29525}} = \frac{2500}{171{,}8} = 14{,}55 \text{ mm.}$$

*330. - Lo stesso con $L = 42$, $l = 24$, $D = 216$, $d = 210$ mm.

*21) *Conicità.*

*331. Determinare la differenza di diametro c (conicità) tra due sezioni (normali all' asse) del cono considerato nell' esercizio n. 325 distanti tra loro 1 mm (1 m, 1 dm).

Si ha:

$$c = \frac{D=d}{l} = \frac{52-45}{80} = \frac{7}{80} = \frac{0{,}0875}{1} = \frac{\text{differenza di diametro}}{\text{distanza}}$$

La differenza di diametro tra due sezioni del cono distanti 1 mm è $c = \frac{7}{80} = 0{,}0875$ mm.

*332. - Lo stesso per gli esercizi 326, 327, 328, 329, 330.

*333. - Calcolare la distanza K alla quale devono trovarsi due sezioni del cono considerato nell' esercizio n. 325 perchè la loro differenza di diametro sia eguale ad 1 mm.

Ad una differenza di diametro $(D = d)$ corrisponde una distanza l tra le due sezioni; ad una differenza di diametro 1 mm corrisponderà una distanza K mm:

$$\frac{D-d}{l} = \frac{1}{K} \quad \text{da cui} \quad K = \frac{l}{D-d} = \frac{80}{7} = \sim 11{,}43.$$

*334. - Lo stesso per gli esercizi 326, 327, 328, 329, 330.

*335. - Calcolare la differenza di diametro p (conicità percentuale) tra due sezioni del cono, considerato nell' esercizio n. 325, distanti tra loro 100 mm.

Si ha:

$$\frac{D-d}{l} = \frac{p}{100} \quad \text{da cui} \quad p = 100\,\frac{D-d}{l} = \frac{700}{80} = 8{,}75\,\%.$$

Nota: Si chiama conicità il rapporto (tabella UNI 157):

$$c = \frac{D-d}{l} = \frac{1}{K} = \frac{p}{100}$$

22) *Ruotismi per filettare.* a) *Vite da costruire in millimetri, vite conduttrice in millimetri.*

336. - Calcolare il ruotismo per filettare una vite avente il passo $p = 2{,}5$ mm, su un tornio avente il passo della vite conduttrice $P = 7$ mm.

Si ha: $\frac{p}{P} = \frac{2{,}5}{7} = \frac{25}{70}$

Tra la ruota conduttrice di 25 denti e la ruota condotta di 70 denti si interpone una ruota oziosa per coprire la distanza tra gli assi.

337. - Volendo un ruotismo a quattro ruote si ha:

$$\frac{p}{P} = \frac{2{,}5}{7} = \frac{25}{70} = \frac{(25 \times 2) \times 1}{70 \times 2} = \frac{50 \times 1}{70 \times 2} = \frac{50 \times 40}{70 \times 100}$$

338. - Lo stesso con $p = 3{,}5$ mm, $P = 8$ mm.

339. - » » » $p = 0{,}7$ mm, $P = 10$ mm.

340. - » » » $p = 3{,}75$ mm, $P = 10$ mm.

341. - » » » $p = 4$ mm, $P = 6$ mm.

342. - » » » $p = 5{,}1$ mm, $P = 6$ mm.

343. - » » » $p = 4{,}2$ mm, $P = 10$ mm.

344. - » » » $p = 1{,}26$ mm, $P = 6$ mm.

345. - » » » $p = 1{,}32$ mm, $P = 8$ mm.

346. - » » » $p = 1{,}82$ mm, $P = 7$ mm.

347. - Su un tornio, avente la vite conduttrice con passo $P = 10$ mm, è stato montato il seguente ruotismo: $\frac{35 \times 60}{75 \times 110}$

Determinare il passo della vite da costruire.

Si ha: $\frac{P}{p} = \frac{35 \times 60}{75 \times 100}$

da cui $p = P \times \frac{35 \times 60}{75 \times 100} = 10 \times \frac{35 \times 60}{75 \times 100} = \frac{35 \times 6}{75} = \frac{7 \times 6}{15}$

$= \frac{14}{5} = 2{,}8$ mm.

348. - Lo stesso con $P = 7$ mm e ruotismo $\frac{55 \times 80}{90 \times 127}$

349. - Lo stesso con $P = 6$ mm e ruotismo $\frac{70 \times 65}{95 \times 85}$

b) *Vite da costruire in pollici,*
vite conduttrice in pollici.

350 - La vite conduttrice di un tornio ha 4 filetti per pollice. Calcolare i ruotismi per filettare le viti aventi:

2, $3\,{}^1/_2$, 5, 7, 10, 13, 18, 21, 28, 35 filetti per pollice.

Per filettare la vite avente $3\,{}^1/_2$ filetti per pollice si ha:

$p = \frac{1''}{3\frac{1}{2}} = \frac{1''}{\frac{7}{2}} = \frac{2''}{7}$ $\qquad P = \frac{1''}{4}$ e quindi

$\frac{p}{P} = \frac{{}^2/_7}{{}^1/_4} = \frac{2}{7} \times \frac{4}{1} = \frac{40 \times 2}{70 \times 1} = \frac{40 \times 100}{70 \times 50}$

351. - Lo stesso con vite conduttrice avente 6 filetti per pollice.

352. - Calcolare il ruotismo per filettare una vite avente $12\,{}^3/_4$ filetti per pollice su un tornio avente la vite conduttrice con $4\,{}^3/_8$ filetti per pollice.

Si ha: $p = \frac{1''}{12\,{}^3/_4} = \frac{1''}{51/_4} = \frac{4''}{51}$ $\qquad P = \frac{1''}{4\,{}^3/_8} = \frac{1''}{35/_8} = \frac{8''}{35}$

$\frac{p}{P} = \frac{{}^{4''}/_{51}}{{}^{8''}/_{35}} = \frac{4}{51} \times \frac{35}{8} = \frac{1 \times 35}{51 \times 2} = \frac{1 \times 35}{17 \times 3 \times 2}$

$= \frac{(5 \times 5) \times 35}{(17 \times 5) \times (3 \times 2 \times 5)} = \frac{25 \times 35}{85 \times 30}$

ovvero $\frac{50 \times 35}{85 \times 60}$ $\qquad$ oppure $\frac{50 \times 70}{85 \times 120}$

353. - Lo stesso con vite da costruire avente $7\,{}^{1}/_{2}$ fil $\times$ 1'' e vite conduttrice avente $5\,{}^{5}/_{8}$ fil $\times$ 1''.

354. - Lo stesso con vite da costruire avente $1\,{}^{7}/_{8}$ fil $\times$ 1'' e vite conduttrice avente $6\,{}^{1}/_{4}$ fil $\times$ 1''.

c) *Vite da costruire in millimetri, vite conduttrice in pollici.*

355. - La vite conduttrice di un tornio ha 4 filetti per pollice. Calcolare i ruotismi per filettare le viti aventi passo $p = 0{,}25\,;\ 0{,}35\,;\ 0{,}5\,;\ 0{,}7\,;\ 1{,}1\,;\ 1{,}4\,;\ 1{,}75\,;\ 5\,;\ 7\,;\ 9$ mm.

Per filettare la vite evente $p = 0{,}35$ si ha:

$$p = 0{,}35 \text{ mm} \qquad P = \frac{25{,}4}{4} = \frac{1}{4} \times \frac{127}{5} = \frac{127}{20} \text{ mm.}$$

$$\frac{p}{P} = \frac{0{,}35}{\frac{127}{20}} = \frac{0{,}35 \times 20}{127} = \frac{35 \times 20}{127 \times 100}$$

356. - Calcolare il ruotismo per filettare una vite del passo $p = 4{,}25$ mm su un tornio avente la vite conduttrice con 5 filetti per pollice.

Si ha: $$p = 4{,}25 \text{ mm} \qquad P = \frac{25{,}4}{5} = \frac{127}{5 \times 5} = \frac{127}{25} \text{ mm.}$$

$$\frac{p}{P} = \frac{4{,}25}{\frac{127}{25}} = \frac{4{,}25 \times 25}{127} = \frac{425 \times 25}{127 \times 100} = \frac{85 \times 25}{127 \times 20} = \frac{85 \times 75}{127 \times 60}$$

Verifica: $$p = P \times \frac{85 \times 75}{127 \times 60} = \frac{25{,}4}{5} \times \frac{85 \times 75}{127 \times 60} = \frac{254 \times 85 \times 75}{5 \times 127 \times 600}$$

$$= \frac{17}{4} = 4{,}25 \text{ mm.}$$

357. - Lo stesso con $p = 1{,}25$ mm, $P = {}^{1}/_{3}''$; $p = 4{,}8$ mm, $P = {}^{1}/_{3}''$

358. - » » » $p = 1{,}4$ mm, $P = {}^{3}/_{8}''$; $p = 7{,}2$ mm, $P = {}^{3}/_{8}''$

d) *Vite da costruire in pollici, vite conduttrice in millimetri.*

359. - Calcolare il ruotismo per filettare una vite di passo $p = {}^{3}/_{8}$ su un tornio avente la vite conduttrice con passo $P = 4{,}2$ mm.

Si ha: $p = \frac{3}{8} \times \frac{127}{5}$ mm.

$$\frac{p}{P} = \frac{\frac{3}{8} \times \frac{127}{5}}{4{,}2} = \frac{3 \times 127}{40 \times 4{,}2} = \frac{30 \times 127}{40 \times 42} = \frac{5 \times 127}{40 \times 7} = \frac{50 \times 127}{40 \times 70}$$

Verifica: $p = P \times \frac{50 \times 127}{40 \times 70} = \frac{42}{10} \times \frac{50 \times 127}{40 \times 70} = \frac{6 \times 5 \times 127}{40 \times 10}$

$$= \frac{3 \times 127}{40} = \frac{3}{8} \times \frac{127}{5} \text{ mm} = \frac{3''}{8}$$

Ruotismi per filettare: d) *Viti aventi passo modulare.*

*360. - Calcolare il ruotismo per filettare una vite del passo $p = M\pi$ su un tornio avente vite conduttrice con passo P.

Si ha: $\pi = \sim 3{,}14 = 3 + \frac{14}{100} = 3 + \frac{7}{50} = 3 + \frac{1}{\frac{50}{7}} = 3 + \frac{1}{7 + \frac{1}{7}}$

Come valore approssimato di π si può assumere la frazione:

$$3 + \frac{1}{7 +} = 3 + \frac{1}{7} = \frac{22}{7} \ (\sim 3{,}143)$$

Per filettare viti con passo modulare (multiplo di π) si sostituisce π con la frazione approssimata $^{22}/_{7}$.

Per $M = 1{,}5$ e $P = 10$ mm si ha:

$p = 1{,}5 \ \pi \cong 1{,}5 \times \frac{22}{7}$

$$\frac{p}{P} = \frac{\frac{15}{10} \times \frac{22}{5}}{10} = \frac{15 \times 22}{10 \times 7 \times 10} = \frac{15 \times 11}{70 \times 5} = \frac{15 \times 55}{70 \times 25} = \frac{60 \times 55}{70 \times 100}$$

*361. - Lo stesso con $p = 2{,}5 \ \pi$ mm, $P = 6$ mm.

*362. - » » » $p = 3 \ \pi$ mm, $P = 12$ mm.

*363. - » » » $p = 1{,}25 \ \pi$ mm, $P = 10$ mm.

*364. - » » » $p = 4 \ \pi$ mm, $P = 12$ mm.

*365. - Determinare l'errore e che si commette filettando la vite considerata nell' esercizio n. 360.

Poichè si è sostituito π con la frazione $^{22}/_{7}$ invece di otte-

nere la vite con passo $p = 1{,}5\ \pi$ si ottiene una vite con passo p'.

Si ha: $\frac{p'}{P} = \frac{60 \times 55}{70 \times 100}$ e quindi:

$$p' = P \times \frac{60 \times 55}{70 \times 100} = \frac{10 \times 60 \times 55}{70 \times 100} = \frac{6 \times 55}{70} = \frac{33}{7} = 4{,}7143 \text{ mm.}$$

$p = 1{,}5\ \pi = 1{,}5 \times 3{,}1416 = 4{,}7124$ mm

Errore $e = p - p' = 4{,}7124 - 4{,}7143 \cong -0{,}002$ mm.

*366. · Lo stesso per gli esercizi n. 330, 331.

23) *Velocità di taglio.*

367. - Un pezzo cilindrico avente diametro $D = 280$ mm viene tornito con $n = 31{,}5$ giri/min. Determinare la velocità di taglio v.

Si ha: $v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3{,}14 \times 280 \times 31{,}5}{1000} \cong \frac{880 \times 31{,}5}{1000} = 27{,}72$

$= \sim 28$ m/min.

368. - Lo stesso con $D = 190$ mm $n = 56$ giri/min;

369. - » » » $D = 85$ mm $n = 100$ giri/min.

370. - » » » $D = 48$ mm $n = 315$ giri/min;

371. - » » » $D = 17$ mm $n = 560$ giri/min.

372. - Determinare il numero dei giri n occorrente per tornire un pezzo, avente diametro $D = 140$ mm, con velocità di taglio $v = 45$ m/min.

Si ha: $n = \frac{1000\ v}{\pi\ D} = \frac{1000 \times 45}{3{,}14 \times 140} \cong \frac{1000 \times 45}{440} - 102$ giri/min.

Se il tornio non possiede 102 giri si sceglie il numero dei giri più vicino (ad es. 100 giri).

373. - Lo stesso con $D = 320$ mm $v = 35$ m/min;

374. - » » » $D = 197$ mm $v = 20$ m/min.

375. - » » » $D = 95$ mm $v = 40$ m/min;

376. - » » » $D = 70$ mm $v = 40$ m/min.

377. - Un pezzo cilindrico viene tornito con $n_2 = 56$ giri/min.; quando il suo diametro è ridotto a $D = 170$ mm si cambia la velocità di rotazione portandola a $n_3 = 100$ giri/min.

Determinare la velocità di taglio prima e dopo il cambiamento del numero dei giri.

378. - Lo stesso con $n_3 = 100$ giri/min, $n_4 = 130$ giri/m, $D = 97$ mm.

379. - Lo stesso con $n_4 = 180$ giri/min, $n_5 = 315$ giri/m, $D = 29$ mm.

380. - Lo stesso con $n_5 = 315$ giri/min, $n_6 = 360$ giri/m,

24)* - *Diagramma delle velocità di taglio.*

381*. - E' un grafico che viene riportato sul tornio e che permette di determinare una delle tre grandezze v, D, n quando sono note le altre due.

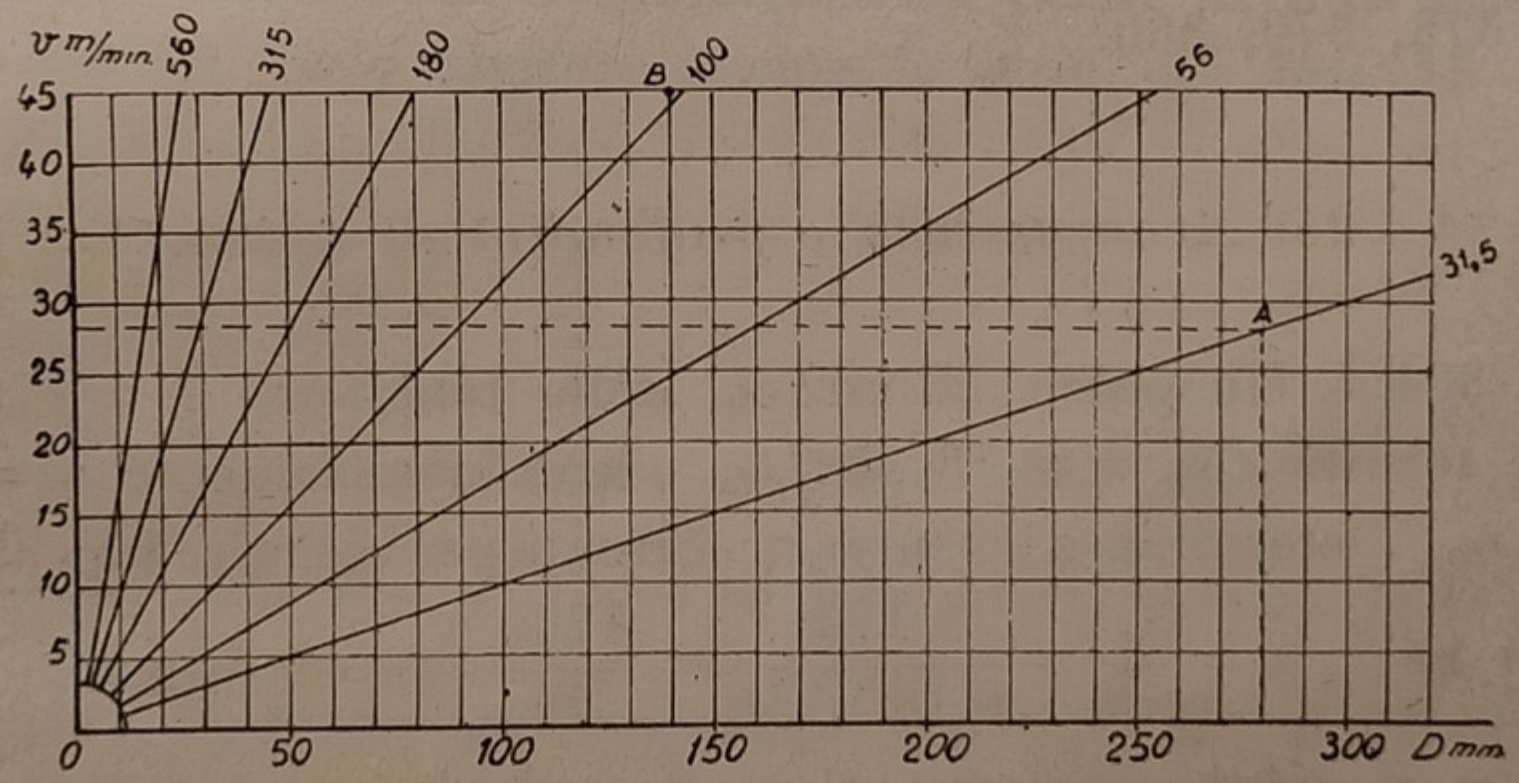


Fig. 391.

I numeri dei giri (gamma delle velocità angolari) del tornio e delle macchine utensili rotative sono, nelle macchine di recente costruzione, numeri normali che appartengono generalmente ad una serie derivata dalla R 20 (vedi esercizi n. 253... 256).

Nel diagramma (fig. 391) la gamma delle velocità angolari è la serie derivata $R\ 20/_5$ (31,5..... 630) (vedi pag. 207).

Sulla semiretta OD sono riportati i diametri (in mm) e

sulle semiretta Ov le velocità di taglio in $m/_{min.}$ I sei numeri di giri di cui è dotato il tornio sono rappresentati da sei semirette uscenti dal punto O.

Si voglia, ed es., risolvere, mediante il diagramma, l'esercizio n. 367.

Dal punto che corrisponde al diametro $D = 280$ mm si traccia la parallela alla Ov fino ad incontrare in A la retta rappresentativa del numero dei giri 31,5. Per A si traccia la parallela alla retta OD e, sulla scala delle velocità di taglio, si legge $v = 28$ $m/_{min.}$

Per risolvere l'esercizio n. 372 si determina il punto B intersezione della retta per il punto $D = 140$ (parallela alla Ov) con la retta per il punto $v = 45$ (parallela alla OD).

La semiretta più vicina al punto B è la $n = 100$ $giri/_{min.}$

382. - Risolvere gli esercizi n. 368, 369, 370, 371 mediante il diagramma della fig. 391.

383. - Lo stesso per gli eserzizi n. 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380.

25) *Avanzamento e profondità di taglio.*

384. - Un pezzo cilindrico della lunghezza $L = 170$ mm viene tornito con $n = 56$ $giri/_{min}$ e con avanzamento $a = 0{,}10$ $mm/_{giro.}$ Determinare il tempo occorrente per eseguire una passata.

Si ha: $$t = \frac{L}{a\,n} = \frac{170}{0{,}10 \times 56} = \frac{1700}{56} = \sim 3 \text{ minuti.}$$

385. - Lo stesso con $L = 125$ mm, $n = 315$ $giri/_{min}$, $a = 0{,}10$ $mm/_{giro.}$

386. - Lo stesso con $L = 350$ mm, $n = 31{,}5$ $giri/_{min}$, $a = 0{,}46$ $mm/_{giro.}$

387. - Lo stesso con $L = 380$ mm, $n = 560$ $giri/_{min}$, $a = 0{,}10$ $mm/_{giro.}$

388. - Si deve portare un pezzo cilindrico, lungo $L = 110$ mm, dal diametro $D = 55$ mm al diametro $d = 48$ mm. La tornitura si effettua con $n = 100$ $giri/_{min,}$ avanzamento $a = 0{,}22$

mm/giro e profondità di passata $p = 1{,}2$ mm. Determinare il tempo occorrente per eseguire la tornitura.

Per una passata si ha: $t = \frac{L}{a\,n} = \frac{110}{0{,}22 \times 100} = \frac{110}{22} = 5$ minuti.

Poichè ad ogni passata si ottiene una riduzione di diametro $2\,p = 2 \times 1{,}2 = 2{,}4$ mm si ha:

$$\text{Numero delle passate} = \frac{7}{2{,}4} = 3 \text{ passate}$$

e quindi il tempo totale risulta: $T = 3 \times 5 = 15$ minuti.

389. - Lo stesso con $L = 125$; $D = 80$; $d = 75$; $n = 56$; $a = 0{,}10$; $p = 0{,}6$.

390. - Lo stesso con $L = 80$; $D = 108$; $d = 75$; $n = 100$; $a = 0{,}46$; $p = 0{,}8$.

26) *Divisore.*

391. - Dividere la circonferenza del pezzo in $n = 38$ parti eguali con un disco divisore avente la serie dei fori 15 - 17 - 18 - 19 - 20 - 21 - 23 - 24 - 27 - 29 - 31 - 33 - 37 - 39 - 41 - 43 - 47 - 49.

Si ha: $F = \frac{40\,x}{38} = \frac{20\,x}{19}$

Si sceglie la circonferenza avente $x = 19$ fori:

$F = \frac{20 \times 19}{19} = 20$ fori $= 1$ giro ed 1 foro sulla circonf. di 19 fori.

Verifica: Saltando un foro sulla circonferenza di 19 fori la manovella compie la rotazione di $^1/_{19}$ di giro: saltando 20 fori la rotazione è di $^{20}/_{19}$ di giro. Poichè la rotazione del mandrino è $^1/_{40}$ della rotazione della manovella risulta:

$$\text{Rotazione del mandrino} = \frac{20}{19} \times \frac{1}{40} = \frac{1}{38} \text{ di giro.}$$

392. - Dividere la circonferenza del pezzo in $n = 5$, 9, 15, 18, 20, 24, 29, 45, 58, 64 parti eguali.

393. - Lo stesso con $n = 70$, 82, 94, 105, 120, 135, 144, 165, 188, 205 parti eguali.

394. - Dividere la circonferenza del pezzo in 89 parti eguali. $F = \frac{40\ x}{89}$ Poichè nessuna circonferenza ha un numero di fori multiplo di 89 scegliamo arbitrariamente la circonferenza di 27 fori. Risulta:

$F = \frac{40 \times 27}{89} = \frac{1080}{89} = 12 \text{ fori} + \frac{12}{89}$ della distanza tra due fori successivi.

Dopo aver saltato 12 fori occorre ruotare ancora la manovella di $^{12}/_{89}$ della distanza tra due fori. Il divisore è dotato di una serie di ingranaggi per mezzo dei quali si può collegare il mandrino al disco divisore che quindi può compiere una piccola rotazione (fig. 392).

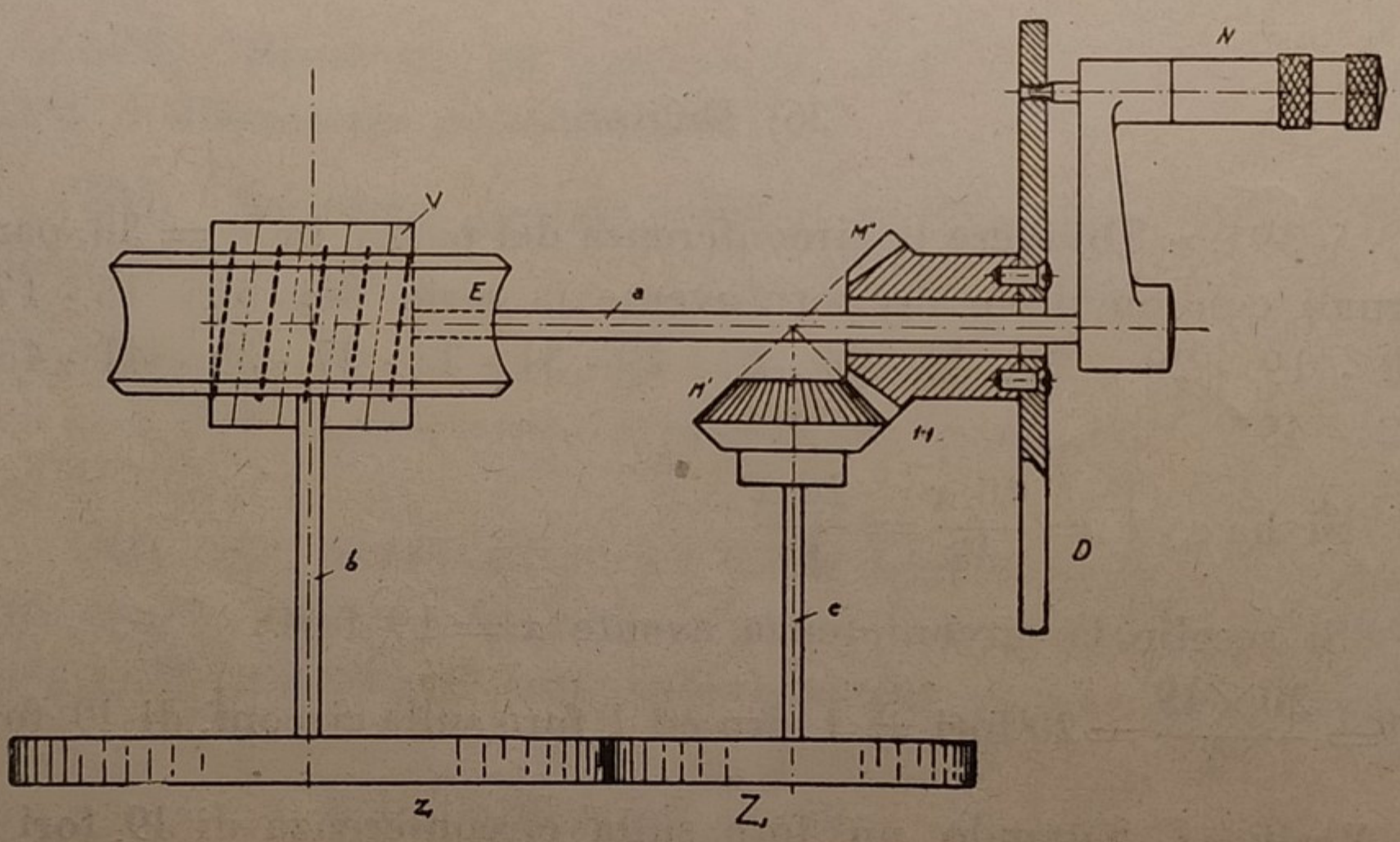


Fig. 392.

Il ruotismo dovrà realizzare un rapporto di trasmissione t tale che mentre il mandrino (albero motore) fa $^{1}/_{89}$ di giro l'asse dal disco (albero condotto) compia una rotazione pari a $^{12}/_{89}$ della distanza tra due fori. Si ha:

$\frac{12}{89}$ della distanza tra due fori $= \frac{12}{89}$ di $\frac{1}{27}$ di giro $= \frac{12}{89 \times 27}$

e quindi:

$$t = \frac{\frac{12}{89 \times 27}}{\frac{1}{89}} = \frac{12}{89 \times 27} \times 89 = \frac{12}{27} = \frac{4}{9} = \frac{z_1 \; z_2}{Z_1 \; Z_2}$$

Il calcolo del ruotismo differenziale non differisce da quello dei ruotismi per filettare.

27) *Esercizi di ricapitolazione.*

395- - Calcolare il ruotismo per filettare una vite del passo $p = 1{,}95$ mm su un tornio avente la vite conduttrice con 4 filetti per pollice. Sapendo che il diametro di filettatura è $d = 16$ mm determinare il diametro medio e la sezione del nocciolo.

396. - In un tornio monopuleggia la rotazione del mandrino viene comandata da una qualunque delle seguenti quattro coppie di ruote:

$$\begin{cases} z_1 = 39 \text{ denti} \\ Z_1 = 39 \quad » \end{cases} \quad \begin{cases} z_2 = 24 \text{ denti} \\ Z_2 = 46 \quad » \end{cases} \quad \begin{cases} z_3 = 24 \text{ denti} \\ Z_3 = 54 \quad » \end{cases} \quad \begin{cases} z_4 = 18 \text{ denti} \\ Z_4 = 60 \quad » \end{cases}$$

Determinare la gamma delle velocità angolari del tornio sapendo che le ruote conduttrici z_1, z_2, z_3 e z_4 fanno 315 giri/$_{min}$ e che le quattro ruote del ritardo sono $z_5 = 24$, $z_6 = 15$, $Z_5 = 41$, $Z_6 = 50$ denti.

Trovare la serie derivata dalla $R\,20$ più prossima ai numeri dei giri dianzi determinati.

397. - Determinare di quanti millimetri si sposta, lungo il proprio asse, una vite avente $13\,^5/_8$ filetti per pollice che compie una rotazione di $^7/_{50}$ di giro.

398. - Determinare *Hd* 10/3000/15 di un acciaio al carbonio sapendo che l'impronta lasciata sul pezzo ha l'area $S = 14{,}72$ mm^2. Determinare inoltre il carico di rottura approssimato dell'acciaio in esame.

399. - La lancetta dei minuti primi di un orologio trasmette il movimento a quella dei secondi attraverso un ruotismo a quattro ruote. Sapendo che i due pignoni condotti hanno

10 denti ciascuno determinare i numeri dei denti delle due ruote motrici in modo che risulti minima la loro differenza di diametro.

400. - Determinare il carico di rottura di un acciaio al carbonio sapendo che la provetta normale lunga si è rotta sotto un carico massimo di 21.500 kg. Determinare inoltre A_{10} sapendo che la lunghezza della provetta normale dopo rottura è $L_u = 226$ mm.

401. - Determinare il numero dei giri con cui si deve tornire un pezzo cilindrico del diametro di 135 mm perchè la velocità di taglio risulti eguale a 37 $m/_{min.}$ Determinare inoltre il tempo necessario per effettuare una passata con l'avanzamento $a = 0{,}6$ $mm/_{giro}$ sapendo che il pezzo è lungo $l = 230$ mm.

402. - Lo spessore di un pezzo, misurato con un calibro munito di nonio per pollici, è di $^{7}/_{16}''$ più $^{5}/_{128}''$. Quale riga del nonio coinciderà con una riga del fisso se lo stesso spessore viene misurato con un calibro cinquantesimale? (decimale, ventesimale).

403. - Determinare *Hd* 10/3000/15 di un acciaio al carbonio conoscendo il diametro dell'impronta $d = 4{,}3$ mm.

Determinare inoltre il carico di rottura approssimato dell'acciaio in esame.

404. - Si deve tornire un pezzo lungo $L = 175$ mm con un tratto conico avente $l = 120$ mm, $D = 56$ mm, $d = 41$ mm.

Determinare:

1° - lo spostamento s della contropunta;

2° - la velocità di taglio in corrispondenza al diametro minore ed a quello maggiore sapendo che la tornitura si effettua con 204 $giri/_{min.}$

405. - Convertire in millimetri le seguenti misure espresse in pollici e poi sostituire i valori ottenuti con i termini più prossimi della serie *R*40: $1\,^{17}/_{64}''$, $3\,^{11}/_{32}''$, $5\,^{5}/_{8}''$, $2\,^{11}/_{16}''$, $8\,^{3}/_{4}''$.

Calcolare l'errore percentuale che si commette effettuando la sostituzione.

406. - Un tornio ha la testa motrice conopuleggia a quattro gradini aventi i diametri $d_1 = 120$, $d_2 = 158$, $d_3 = 202$ e $d_4 = 240$ mm. Determinare i numeri dei denti delle quattro ruote del ritardo in modo che le otto velocità angolari appartengano tutte alla stessa serie derivata dalla $R\,20$.

407. - Un pezzo cilindrico del diametro di 320 mm deve essere portato, per un breve tratto, al diametro di 100 mm. La tornitura si effettua su un tornio avente la gamma di velocità angolari $R\,20/4$ (18..... 1120). Determinare quali sono i diametri in corrispondenza ai quali occorre cambiare il numero dei giri per ottenere velocità di taglio $v = 25$ $m/_{min.}$ Determinare la velocità di taglio minima.

408. - Determinare il diametro minore di un pezzo conico conoscendo il diametro maggiore $D_1 = 4\,{}^1/_4''$, la lunghezza $l_1 = 8\,{}^5/_6'' - {}^{13}/_4''$ e la conicità $c = 3{,}5 : 12$.

INDICE

INDICE

INDICE

PARTE PRIMA

TECNOLOGIA DEL LEGNO

CAPITOLO I

NOZIONI SUI LEGNAMI

§ 1 — Struttura del legno . . . . . Pag. 1
§ 2 — Caratteristiche dei legnami - Classificazione . . . » 3
§ 3 — Legni leggerissimi - Essenze tenerissime. . . . » 6
§ 4 — Legni leggeri - Essenze tenere. . . . . » 8
§ 5 — Legni semipesanti - Essenze forti . . . . . » 8
§ 6 — Legni pesanti - Essenze forti . . . . . » 9
§ 7 — Legni pesantissimi - Essenze fortissime . . . . » 11
§ 8 — Impiego del legname . . . . . » 12
§ 9 — Difetti e malattie dei legnami. . . . . » 13
§ 10 — Abbattimento delle piante . . . . . » 14
§ 11 — Trasporto del legname abbattuto . . . . . » 15
§ 12 — Taglio dei legnami . . . . . » 15
§ 13 — Stagionatura del legname . . . . . » 17
§ 14 — Conservazione del legname . . . . . » 19
§ 15 — Scelta del legname . . . . . » 20
§ 16 — Misure commerciali e prezzi . . . . . » 21

CAPITOLO II

LAVORAZIONE DEI LEGNAMI

§ 17 — Attrezzatura del falegname e dell' ebanista . . . Pag. 23
§ 18 — Arnesi di appoggio e di sostegno . . . . . » 23
§ 19 — Attrezzi di fissaggio. . . . . » 25

§ 20 — Utensili da falegname . . . . . Pag. 27
§ 21 — Accessori per la lavorazione del legno . . . . » 41
§ 22 — Strumenti di misura, tracciamento e controllo . . » 42
§ 23 — Norme per misurare, tracciare e lavorare . . . » 45
§ 24 — Collegamenti dei legnami . . . . . » 48
§ 25 — Giunture speciali . . . . . » 54
§ 26 — Uso dei chiodi, delle caviglie e delle viti . . . » 55
§ 27 — Adesivi e loro impiego . . . . . » 56
§ 28 — Legname compensato . . . . . » 57
§ 29 — Impiallacciatura. . . . . » 58
§ 30 — Decorazioni ed intarsio . . . . . » 61
§ 31 — Finitura e conservazione degli oggetti in legno . . » 62
§ 32 — Cenni sommari sul funzionamento delle macchine per la lavorazione del legno - Cautele d'impiego . . . » 65
§ 33 — Affilatura degli utensili . . . . . » 77

PARTE SECONDA

NOZIONI SUI METALLI

§ 1 — Tecnologia meccanica . . . . . Pag. 79
§ 2 — Proprietà tecnologiche e meccaniche dei metalli. . » 79
§ 3 — Proprietà tecnologiche . . . . . » 80
§ 4 — Proprietà meccaniche . . . . . » 81
§ 5 — Industrie minerarie e metallurgiche . . . . » 85
§ 6 — Minerali industriali del ferro. . . . . » 86
§ 7 — Estrazione del ferro . . . . . » 87
§ 8 — Prodotti siderurgici . . . . . » 87
§ 9 — Fabbricazione della ghisa (alti forni) . . . . » 88
§ 10 — Qualità e proprietà della ghisa . . . . . » 90
§ 11 — Fabbricazione del ferro . . . . . » 91
§ 12 — Forno a riverbero . . . . . » 92
§ 13 — Convertitore Bessemer . . . . . » 93
§ 14 — Forno Martin-Siemens . . . . . » 94
§ 15 — Qualità e proprietà del ferro . . . . . » 95
§ 16 — Fabbricazione dell'acciaio . . . . . » 96
§ 17 — Forno al crogiuolo ed acciaio al crogiuolo . . . » 97
§ 18 — Uso del forno elettrico . . . . . » 98
§ 19 — Qualità e proprietà dell'acciaio . . . . . » 97
§ 20 — Unificazione e classificazione UNI degli acciai . . » 102
§ 21 — Ghise comuni e speciali . . . . . » 105
§ 22 — Qualità e proprietà dei più comuni metalli e leghe industriali » 106
§ 23 — Leghe antifrizione . . . . . » 114
§ 24 — Prezzi dei materiali metallici . . . . . » 114

PARTE TERZA

LAVORAZIONE DEI METALLI

§ 25 — Generalità sulla lavorazione dei metalli . . . Pag. 117
§ 26 — Forme e dimensioni commerciali dei materiali metallici . » 118
§ 27 — Ferriere e acciaierie . . . . . » 119
§ 28 — Fabbricazione di barre, profilati e lamiere . . . » 120
§ 29 — Fabbricazione di fili . . . . . » 122
§ 30 — Fabbricazione di tubi . . . . . » 123
§ 31 — Estrusione . . . . . » 126
§ 32 — Fucinatura . . . . . » 127
§ 33 — Attrezzatura della fucina . . . . . » 129
§ 34 — Operazioni di fucinatura . . . . . » 132
§ 35 — Magli e presse . . . . . » 140
§ 36 — Stampaggio . . . . . » 147
§ 37 — Aggiustaggio . . . . . » 148
§ 38 — Attrezzatura dell' aggiustatore . . . . . » 150
§ 39 — Strumenti per tracciare. . . . . » 150
§ 40 — Strumenti di rilievo e controllo . . . . . » 154
§ 41 — Strumenti di misura . . . . . » 156
§ 42 — Calibri fissi . . . . . » 164
§ 43 — Operazioni elementari di aggiustaggio . . . . » 168
§ 44 — Tolleranze di lavorazione . . . . . » 191
§ 45 — Albero . . . . . » 192
§ 46 — Foro . . . . . » 194
§ 47 — Accoppiamento mobile . . . . . » 195
§ 48 — Accoppiamento stabile . . . . . » 196
§ 49 — Cenno sul sistema di tolleranze UNIM . . . » 198
§ 50 — Cenno sul sistema di tolleranze ISA . . . . » 200
§ 51 — Calibri fissi differenziali . . . . . » 201
§ 52 — Comparatori . . . . . » 202
§ 53 — Livella e filo a piombo . . . . . » 203
§ 54 — Numeri normali . . . . . » 204
§ 55 — Errori elementari . . . . . » 208
§ 56 — Controllo dei pezzi. . . . . » 208
§ 57 — Fonderia. . . . . » 209
§ 58 — Forni da fonderia . . . . . » 209
§ 59 — Trasporto di metallo liquido alle forme . . . » 211
§ 60 — Preparazione delle terre da fonderia . . . . » 212
§ 61 — Forme e loro specie . . . . . » 215
§ 62 — Fabbricazione dei modelli e delle anime . . . » 217
§ 63 — Fabbricazione delle forme - Formature . . . » 219
§ 64 — Essiccamento delle forme . . . . . » 223

§ 65 — Colate . . . . . Pag. 225
§ 66 — Finitura dei getti . . . . . » 227
§ 67 — Difetti dei getti . . . . . » 228
§ 68 — Saldatura . . . . . » 229
§ 69 — Brasatura . . . . . » 230
§ 70 — Saldobrasatura . . . . . » 232
§ 71 — Saldatura per fusione . . . . . » 233
§ 72 — Saldatura a gas . . . . . » 233
§ 73 — Ossitaglio . . . . . » 238
§ 74 — Saldatura all'arco . . . . . » 239
§ 75 — Saldatura in idrogeno atomico (arcatomica) . . » 240
§ 76 — Saldatura alla termite (alluminotermica) . . . » 241
§ 77 — Saldatura a pressione . . . . . » 241
§ 78 — Saldatura a fuoco . . . . . » 241
§ 79 — Saldatura a resistenza . . . . . » 242
§ 80 — Saldatura a scintillio . . . . . » 242
§ 81 — Trattamenti termici degli acciai . . . . . » 243
§ 82 — Tempra . . . . . » 243
§ 83 — Rinvenimento. . . . . » 246
§ 84 — Ricottura . . . . . » 248
§ 85 — Normalizzazione . . . . . » 249
§ 86 — Cementazione. . . . . » 249
§ 87 — Nitrurazione . . . . . » 252
§ 88 — Malleabilizzazione della ghisa . . . . . » 252
§ 89 — Forni per trattamenti termici . . . . . » 253
§ 90 — Apparecchi misuratori della temperatura . . . » 254

PARTE QUARTA

LAVORAZIONE A MACCHINA

§ 91 — Generalità sulle macchine utensili e sulla lavorazione a macchina . . . . . Pag. 258
§ 92 — Parti principali delle macchine utensili . . . » 260
§ 93 — Utensili da tornio e da piallatrice . . . . . » 262
§ 94 — Angoli caratteristici degli utensili . . . . . » 263
§ 95 — Acciai e leghe dure per utensili. . . . . » 264
§ 96 — Forme e specie degli utensili . . . . . » 265
§ 97 — Trasmissioni. . . . . » 269
§ 98 — Ruote di frizione. . . . . » 269
§ 99 — Ruote dentate . . . . . » 271
§ 100 — Ruotismi . . . . . » 273
§ 101 — Rocchetto e dentiera . . . . . » 274
§ 102 — Vite perpetua . . . . . » 274

§ 103 — Ruote dentate coniche . . . . . Pag. 275
§ 104 — Trasmissioni a cinghia . . . . . » 275
§ 105 — Tornio parallelo . . . . . » 277
§ 106 — Testa motrice . . . . . » 279
§ 107 — Carrello . . . . . » 281
§ 108 — Comando della barra e della vite conduttrice . . » 283
§ 109 — Montaggio del pezzo e dell' utensile . . . . » 285
§ 110 — Lavorazioni al tornio . . . . . » 287
§ 111 — Tornitura conica . . . . . » 288
§ 112 — Filettatura . . . . . » 290
§ 113 — Velocità di taglio . . . . . » 293
§ 114 — Avanzamento è profondità di taglio . . . . » 294
§ 115 — Misure principali del tornio . . . . . » 295
§ 116 — Torni a torretta . . . . . » 297
§ 117 — Fresatrici . . . . . » 299
§ 118 — Lavorazioni eseguibili sulla fresatrice . . . » 305
§ 119 — Trapani . . . . . » 307
§ 120 — Macchine a moto di lavoro rettilineo . . . » 311
§ 121 — Piallatrice . . . . . » 311
§ 122 — Limatrice . . . . . » 314
§ 123 — Molatrici e affilatrici . . . . . » 317

PARTE QUINTA

LABORATORIO TECNOLOGICO

§ 124 — Uso e controllo delle righe graduate. . . . Pag. 325
§ 125 — Uso e controllo dei compassi . . . . . » 326
§ 126 — Uso e controllo dei calibri a corsoio. . . . » 327
§ 127 — Calibro per ruote dentate . . . . . » 329
§ 128 — Uso e controllo dei micrometri . . . . . » 329
§ 129 — Uso e controllo del goniometro . . . . . » 331
§ 130 — Uso e controllo del comparatore . . . . » 332
§ 131 — Uso e controllo dei calibri fissi differenziati . » 333
§ 132 — Qualità delle superfici. . . . . » 334
§ 133 — Misurazione degli errori elementari e collaudo dei pezzi » 335
§ 134 — Errori di forma . . . . . » 336
§ 135 — Errori di posizione . . . . . » 337
§ 136 — Errori di forma delle superfici cilindriche e coniche » 340
§ 137 — Tracciatura . . . . . » 342
§ 138 — Corretto impiego degli utensili e delle macchine . » 350
§ 139 — Norme per le esercitazioni sui trattamenti termici . » 357
§ 140 — Acciai per utensili e loro trattamento . . . » 359
§ 141 — Esercitazioni elementari sui trattamenti termici . » 366
§ 142 — Fogli di lavorazione . . . . . » 368

PARTE SESTA

LA PRODUZIONE ED IL SUO COSTO

§ 143 — Determinazione del costo dei prodotti . . . Pag. 371

PARTE SETTIMA

GLI INFORTUNI SUL LAVORO

§ 144 — Illustrazioni delle norme principali per la prevenzione degli infortuni sul lavoro . . . . . Pag. 376

ESERCIZI

Parte I - TECNOLOGIA DEL LEGNO

Peso specifico e cubatura dei legnami . . . . . Pag. 389

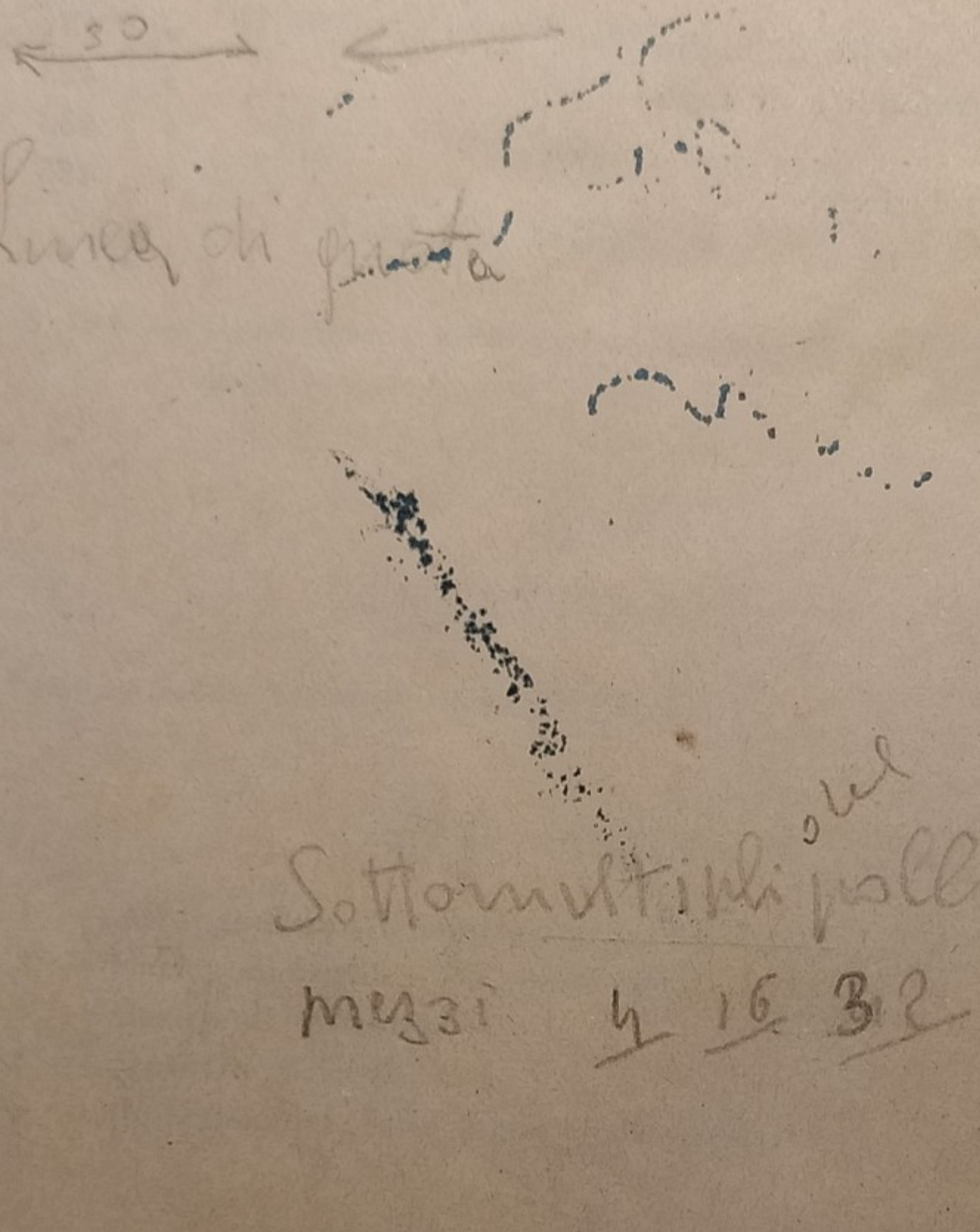
Parte II - NOZIONI SUI METALLI

1 — Allungamento e contrazione percentuali . . . . Pag. 391
2 — Carico di rottura - Provette proporzionali . . . » 393
3 — Carico di sicurezza . . . . . » 394
4 — Durezza Brinell. . . . . » 395
5 — Pesi specifici delle leghe metalliche. . . . . » 395

Parte III - LAVORAZIONE DEI METALLI

6 — Fucinatura . . . . . Pag. 396
7 — Conversione pollici in millimetri . . . . . » 398
8 — Approssimazione calibri con nonio . . . . . » 399
9 — Approssimazione micrometri . . . . . « 400
10 — Elementi geometrici delle filettature . . . . . » 401
11 — Tolleranze e scostamenti . . . . . » 402
12 — Giuochi e interferenze . . . . . » 404
13 — Unità di tolleranza e gruppi di dimensioni . . . » 408
14 — Qualità di lavorazione . . . . . » 410
15 — Posizione delle tolleranze e accoppiamenti . . . » 410
16 — Numeri normali . . . . . » 413
17 — Saldatura . . . . . » 416
18 — Proporzionamento ruote dentate . . . . . » 418

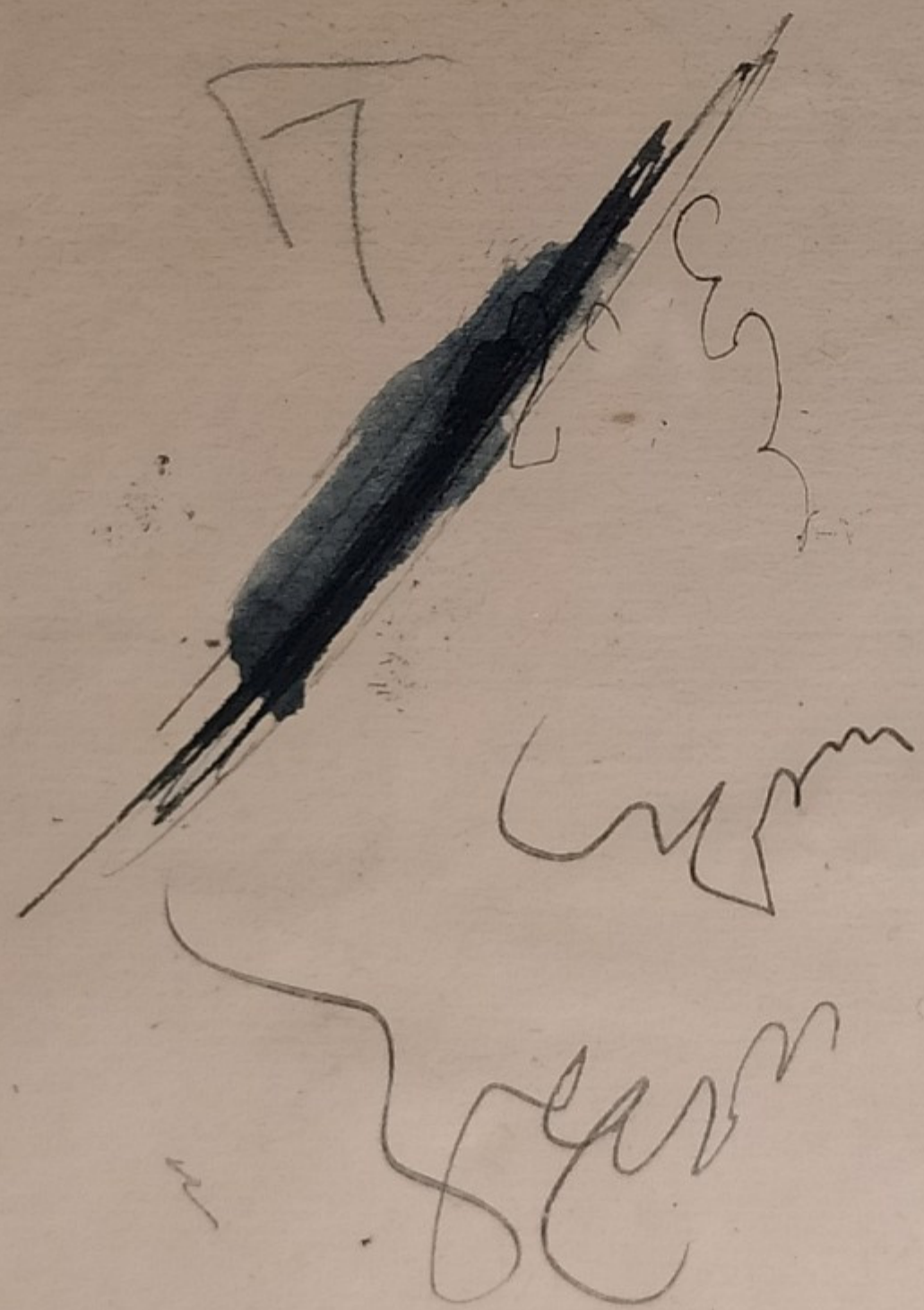
19 — Rapporto di trasmissione . . . . . Pag. 419
20 — Tornitura conica . . . . . » 423
21 — Conicità . . . . . » 425
22 — Ruotismi per filettare . . . . . » 426
23 — Velocità di taglio . . . . . » 430
24 — Diagramma delle velocità di taglio . . . . . » 431
25 — Avanzamento e profondità di taglio . . . . . » 423
26 — Divisore . . . . . » 433
27 — Esercizi di ricapitolazione. . . . . » 435

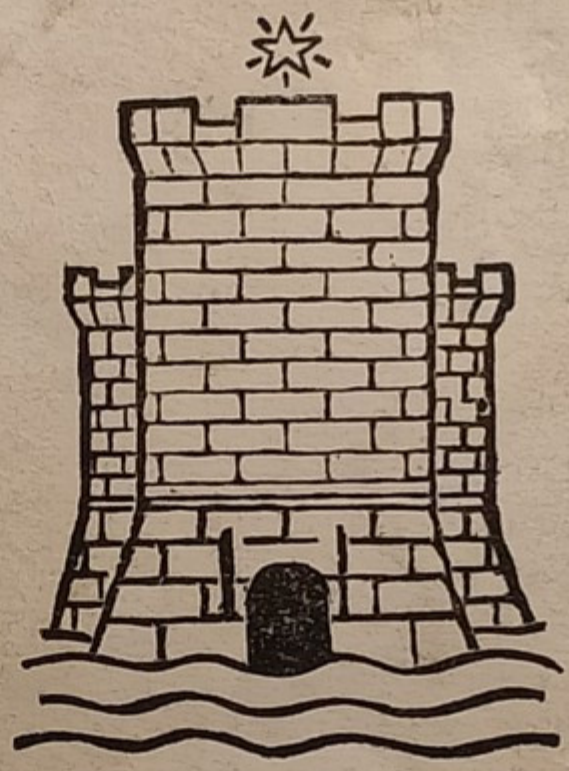


cinquantesimo : 2 centesimi

olec.ⁿ lungo 8ᵐ m.m
cent. " 4 9 m.

10lec.: ventesimo
olec. 10 m.





Prezzo in Roma